

# Ocjena stanja kolnika kontejnerskog terminala Brajdica

---

**Bajt, Boris**

**Graduate thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:785308>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Boris Bajt**

**OCJENA STANJA KOLNIKA  
KONTEJNERSKOG TERMINALA BRAJDICA**

**Diplomski rad**

**Rijeka, 2024.**



**SVEUČILIŠTE U RIJECI  
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni diplomski studij  
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi  
Gospodarenje kolnicima**

**Boris Bajt**

**JMBAG: 2427001527**

**OCJENA STANJA KOLNIKA  
KONTEJNERSKOG TERMINALA BRAJDICA**

**Diplomski rad**

**Rijeka, rujan 2024.**



## **IZJAVA**

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentoricom i uz poštovanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

---

**Boris Bajt**

U Rijeci, rujan 2024.

## **ZAHVALA**

*Iskreno HVALA mojoj obitelji, supruzi Barbari i kćeri Zori, na ljubavi, strpljenju i podršci tijekom studija. ILYMTWCES.*

*Također, zahvaljujem mentorici Dr.sc. Marijani Cuculić, v. predavač, što je svojim vodstvom i stručnim usmjeravanjem omogućila izradu ovog diplomskog rada.*

## Sažetak

Cestovni promet je ključna komponenta moderne infrastrukture koja omogućuje učinkovit transport ljudi i roba. Analiza cestovnog prometa obuhvaća različite aspekte, a razumijevanje bitnih čimbenika je ključno za razvoj strategija za upravljanje prometom i planiranje infrastrukture.

Ovaj diplomski rad fokusira se na analizu stanja kolnika na kontejnerskom terminalu Brajdica s ciljem ocjene stanja postojeće kolničke konstrukcije.

Za istraživanje su korištene dvije glavne metode: vizualni pregled ophodnjom i snimanje sustavom Hawkeye 2000. Hawkeye 2000, napredni sustav za prikupljanje podataka, integrira digitalnu kameru, lasersko profiliranje, GPS sustav i računalnu analizu za mjerenje ključnih pokazatelja učinkovitosti kolnika, uključujući makroteksturu (MPD), uzdužni profil (IRI) i poprečni profil (RUT). Rezultati snimanja pokazali su da kolnik ne zadovoljava sve standarde u pogledu udobnosti i sigurnosti. Iako specifični pokazatelji ukazuju na nedostatke, ti problemi su relativni u kontekstu radnih uvjeta terminala, što može umanjiti njihov značaj.

Vizualni pregled dopunjuje tehničke podatke Hawkeye 2000 identificiranjem dodatnih oštećenja, kao što su oštećenja teksture površine, deformacije i pukotine. Ovi uvidi omogućuju potpuniju sliku stanja kolnika.

Unatoč rezultatima koji ukazuju na određene nedostatke u udobnosti i sigurnosti, kolnici terminala još uvijek funkcionalno zadovoljavaju zahtjeve zbog specifičnih radnih uvjeta terminala. Ovo istraživanje doprinosi boljem razumijevanju specifičnih problema vezanih uz kolnike kontejnerskih terminala i pruža smjernice za njihovo učinkovito upravljanje.

**Ključne riječi:** cestovni promet; kolnik; kolnička konstrukcija; vizualni pregled; Hawkeye 2000; oštećenja teksture površine; deformacije; pukotine

## ***Abstract***

*Road traffic is a crucial component of modern infrastructure that enables the efficient transportation of people and goods. The analysis of road traffic encompasses various aspects, and understanding key factors is essential for developing strategies for traffic management and infrastructure planning.*

*This thesis focuses on analyzing the condition of the pavement at the Brajdica container terminal with the aim of assessing the state of the existing pavement structure.*

*Two main methods were used for the investigation: visual inspection through patrols and recording using the Hawkeye 2000 system. Hawkeye 2000, an advanced data collection system, integrates a digital camera, laser profiling, GPS system, and computer analysis to measure key pavement performance indicators, including macrotexture (MPD), longitudinal profile (IRI), and transverse profile (RUT). The recording results showed that the pavement does not meet all standards in terms of comfort and safety. Although specific indicators point to deficiencies, these issues are relative within the context of the terminal's operating conditions, which may reduce their significance.*

*Visual inspection complements the technical data from Hawkeye 2000 by identifying additional damage, such as surface texture damage, deformations, and cracks. These insights provide a more comprehensive picture of the pavement condition.*

*Despite results indicating certain shortcomings in comfort and safety, the terminal pavements still functionally meet requirements due to the terminal's specific operating conditions. This research contributes to a better understanding of the specific issues related to container terminal pavements and provides guidelines for their effective management.*

***Keywords:*** *road traffic; pavement; pavement structure; visual inspection; Hawkeye 2000; surface texture damage; deformations; cracks*

# SADRŽAJ

Sažetak/ Abstract

Popis slika

Popis tablica

	stranica
<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2. OPĆENITO O CESTOVNOM PROMETU</b>	<b>2</b>
<b>3. KONTEJNERSKI TERMINAL BRAJDICA</b>	<b>3</b>
3.1. Makrolokacija	3
3.2. Mikrolokacija	4
3.3. Prometno opterećenje	5
<b>4. KONSTRUKCIJA KOLNIKA</b>	<b>7</b>
4.1. Elementi kolničke konstrukcije kontejnerskog terminala Brajdica	9
<b>5. STRATEGIJA GOSPODARENJA CESTAMA</b>	<b>10</b>
<b>6. METODE PREGLEDA</b>	<b>13</b>
<b>7. KATALOG OŠTEĆENJA ASFALTNIH KOLNIKA</b>	<b>16</b>
<b>8. DEFINIRANJE OŠTEĆENJA KOLNIKA KONTEJNERSKIH TERMINALA</b>	<b>18</b>
8.1. Oblik	21
8.2. Poprečni pad	21
8.3. Kolotrazi	22
8.4. Pukotine	23
8.5. Trošenje	23
8.6. Deformacije lokacija kutnih stopa kontejnera	24
<b>9. PREGLED KOLNIČKE KONSTRUKCIJE</b>	<b>25</b>
9.1. Hawkeye 2000 i COST 354 Action	25
9.2. Pregled snimljenih podataka i ocjena stanja	31
9.2.1. Pregled podataka prikupljenih snimanjem sustavom Hawkeye 2000	31
9.2.2. Pregled podataka prikupljenih vizualnim pregledom ophodnjom (pješice)	37
<b>10. ZAKLJUČAK</b>	<b>46</b>
<b>11. LITERATURA I IZVORI</b>	<b>48</b>
<b>12. POPIS PRILOGA</b>	<b>50</b>

**Popis slika:**

Slika 1. Položaj Grada Rijeke na karti Hrvatske [7]	3
Slika 2. Plan skladištenja i prometa kontejnerskog terminala Brajdica [10]	6
Slika 3. Karakteristični poprečni presjek kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom [12]	8
Slika 4. Posljedice različitih pristupa održavanju ceste [13]	11
Slika 6. Pregledana dionica dužine 230 metara (autor, 2024.)	31
Slika 8. Izmjerene vrijednosti IRI u odnosu na predložene parametre (autor, 2024.)	34
Slika 9. Izmjerene vrijednosti RUT u odnosu na predložene parametre (autor, 2024.)	35
Slika 10. Izmjerene vrijednosti MPD u odnosu na predložene parametre (autor, 2024.)	36
Slika 11. Stacionaža $0\pm 0,00$ (autor, 2024.)	40
Slika 12. Stacionaža $0\pm 0,30$ (autor, 2024.)	41
Slika 13. Stacionaža $0\pm 0,60$ (autor, 2024.)	41
Slika 14. Stacionaža $0\pm 0,90$ (autor, 2024.)	42
Slika 15. Stacionaža $0\pm 0,120$ (autor, 2024.)	42
Slika 16. Stacionaža $0\pm 0,150$ (autor, 2024.)	43
Slika 17. Stacionaža $0\pm 0,180$ (autor, 2024.)	43
Slika 18. Stacionaža $0\pm 0,210$ (autor, 2024.)	44
Slika 19. Stacionaža $0\pm 0,230$ (autor, 2024.)	44

**Popis tablica:**

Tablica 1. Podaci vezani uz RAVNOST [14]	28
Tablica 2. Podaci vezani uz KOLOTRAŽENJE [14]	29
Tablica 3. Podaci vezani uz MAKROTEKSTURU [14]	30
Tablica 4. Prikaz podataka snimljenih sustavom Hawkeye 2000 (autor, 2024.)	32
Tablica 5. Ocjena stanja snimljene dionice – IRI (autor, 2024.)	34
Tablica 6. Ocjena stanja snimljene dionice – RUT (autor, 2024.)	35
Tablica 7. Ocjena stanja snimljene dionice – MPD (autor, 2024.)	36
Tablica 8. Parametri za određivanje stupnja oštećenja – Deformacije površine (autor, 2024.)	37
Tablica 9. Parametri za određivanje stupnja oštećenja – Pukotine (autor, 2024.)	38
Tablica 10. Ocjena stanja pregledane dionice – vizualni pregled (autor, 2024.)	39

# 1. UVOD

Cestovni promet predstavlja ključnu komponentu moderne infrastrukture i vitalni je element za funkcioniranje svakodnevnog života i globalne trgovine. Učinkovitost cestovnog prometa ne ovisi samo o prometnim pravilima i upravljačkim strategijama, već i o stanju cestovne infrastrukture koja mora biti u skladu s visokim standardima kako bi osigurala sigurnost i udobnost korisnika. Zbog toga je redovito praćenje i ocjenjivanje stanja cestovnih kolnika od ključne važnosti za održavanje i poboljšanje cestovne mreže.

Ovaj diplomski rad usmjeren je na analizu stanja kolnika na kontejnerskom terminalu Brajdica, koji je specifična vrsta prometne infrastrukture s posebnim zahtjevima. Kontejnerski terminali su ključni za logistiku i međunarodnu trgovinu, a njihova učinkovitost može značajno utjecati na cjelokupni prometni sustav. Kako bi se osigurala neometana operacija, kolnici na terminalima moraju biti u dobrom stanju, što uključuje adekvatnu nosivost, ravnost i otpornost na različite vrste oštećenja.

U ovom radu provedena je analiza kolničke konstrukcije kontejnerskog terminala Brajdica s ciljem ocjene njenog trenutnog stanja. Analiza je obuhvatila primjenu dvaju ključnih metoda: vizualnog pregleda ophodnjom i snimanja pomoću sustava Hawkeye 2000. Sustav Hawkeye 2000 je napredni alat koji integrira digitalnu kameru, lasersko profiliranje i GPS tehnologiju za precizno prikupljanje podataka o stanju kolnika, dok vizualni pregled omogućuje identifikaciju oštećenja koja možda nisu evidentirana tehničkim mjerama.

Rezultati analize omogućuju uspostavljanje jasne slike o trenutnom stanju kolnika na terminalu, identificirajući specifične nedostatke u pogledu udobnosti i sigurnosti. Ovaj rad pruža pregled metoda za prikupljanje i analizu podataka o stanju kolnika, detaljnu ocjenu postojećih oštećenja i preporuke za eventualne popravke i poboljšanja.

Razumijevanje stanja kolnika na kontejnerskim terminalima doprinosi boljem upravljanju infrastrukturom, omogućujući unapređenje uvjeta rada i osiguranje dugoročne održivosti prometne mreže.



## 2. OPĆENITO O CESTOVNOM PROMETU

Cestovni promet je od vitalne važnosti za funkcioniranje modernog društva, a prometnice su ključna infrastruktura koja ga omogućuje.

Učinkovit i razgranat prometni sustav jedan je od ključnih pokazatelja prosperiteta jedne zemlje, njezinog razvojnog statusa, te ukupnog gospodarskog rasta [1].

Bitni čimbenici prometnog sustava svake pomorske zemlje su njezine morske luke koje su centralna točka i glavna vrata za sve prometne pravce i transportne objekte. One su ne samo ključni podsustav svakog pomorskog i prometnog sustava, nego i akcelerator prometa, koji djeluje kao magnet za industrijska postrojenja i druge gospodarske djelatnosti. Današnje se luke odlikuju nizom posebnosti koje su, kao opće razvojne tendencije, vidljive u gotovo svim svjetskim lukama. To su: koncentracija prometa prema manjem broju većih luka, koncentracija različitih gospodarskih funkcija u luci, nastojanje da se stvori veća dodana vrijednost, suvremena prometna povezanost sa zaleđem i veći stupanj autonomije u lučkom upravljanju i kontroli [2].

Važnost kontejnerskih terminala, kako lučkih tako i intermodalnih i njihovog prometnog sustava (kolnika) za gospodarstvo se ne može precijeniti [3].

Republika Hrvatska je imala značajna ulaganja u razvoj cestovne mreže najviše klase, kao i u razvoj dodatnih kontejnerskih kapaciteta u Luci Rijeka. Globalna trgovina robama nastavlja poticati povećanu potražnju za prijevoznim uslugama, posebice u kontejnerskom prometu. Globalni kontejnerski promet povećao se za 28% između 2010. i 2016., većinom zbog stalnog rasta međukontinentalne trgovine proizvedenom robom. Učinci ovih globalnih trendova vidljivi su i u Hrvatskoj. Od 2010. godine kontejnerski promet putem terminala Brajdica rastao je brže od globalnog prosjeka i brže od rasta nekoliko regionalnih luka, osim kad je riječ o glavnom konkurentu Luci Kopar [4].

U tom smislu sve više raste i značenje mjera održavanja kolnih površina. Ceste se održavaju radi održavanja njihove supstancije, održavanja njihove uporabne vrijednosti (sigurnosti, radnog učinka i udobnosti korištenja) i poboljšanja određenih uvjeta u okolišu. Između održavanja cesta i tijeka prometa postoje složene veze sa značajnim učincima i posljedicama koje utječu na nacionalno gospodarstvo, između ostalog i na potrošnju energije i utrošak vremena korisnika cesta, kao i na prometne nezgode [5].

### 3. KONTEJNERSKI TERMINAL BRAJDICA

#### 3.1. Makrolokacija

Kontejnarski terminal Brajdica nalazi se na istočnoj strani grada Rijeke, te se, gledajući na šire geografsko područje, može makrolokacijom opisati na nekoliko načina.

Grad Rijeka nalazi se na sjevernoj obali Riječkog zaljeva. Riječki zaljev je najsjeverniji dio Kvarnera smješten između zapadne obale otoka Krka, Istarskog poluotoka i sjevernog dijela Hrvatskog primorja. Grad se, zbog svog geografskog položaja i dubine mora u Riječkom zaljevu kroz povijest razvijao u jednu od najvećih srednjoeuropskih luka i snažno industrijsko središte [6].



Slika 1. Položaj Grada Rijeke na karti Hrvatske [7]

Rijeka je glavna luka u Republici Hrvatskoj i ključno je središte za pomorski promet centralne Europe i Panonske nizine te sjevernog djela Balkana. Terminal Brajdica nalazi se uz glavne pomorske puteve koji povezuju Jadransko more sa sjevernom Europom i Sredozemnim morem. Brajdica je dobro povezana sa željezničkim i cestovnim koridorima koji povezuju Rijeku s unutrašnjošću kontinentalne Europe [8].

### **3.2. Mikrolokacija**

U sklopu kontejnerskog terminala prometnice predstavljaju mrežu prometnih te skladišno-manipulativnih površina koje omogućavaju efikasan protok tereta i manevriranje kamiona i teretnih vozila prilikom preuzimanja i isporuke kontejnera.

Koncepcija prometa na platou kontejnerskog terminala riješena je na temelju zahtjeva organizacije rada na terminalu. Prometnice su projektirane u obliku mreže kako bi se omogućilo dvosmjerno kretanje kamiona i razdvajanje prometa prema destinaciji (npr. zone za utovar/istovar, skladišta, ulaz/izlaz).

Područje za smještaj kontejnera podijeljeno je prometnicom na dva približno jednaka dijela kojom se dolazi do prekrajne obale. S te prometnice teretna vozila kreću se prema smještajnim zonama za kontejnere. Ulaz u zone ukrcaja/iskrcaja predviđen je s glavne prometnice, nakon čega se vozila vode prema izlazu po prometnicama na obodnom dijelu terminala. Na platou između prostora predviđenih za skladištenje i manipulaciju kontejnerima, paralelno s obalom, dvije su prometnice između skladišnih zona i dvije prometnice na obodu skladišnih zona širine 10,5 m. Prometnice skladišnih zona imaju po dvije trake za kretanje (prema obodnoj prometnici i traku predviđenu za unutarnji transport i privremeno zaustavljanje teretnih vozila). Prometnice paralelne s obalom na obodu skladišnih zona predviđene su za kretanje po prostoru terminala i za manevriranje vozila unutarnjeg transporta. Širina traka (3,50 m) prilagođena je propisima o prometu kamiona te omogućava sigurno mimoilaženje kamiona sa kontejnerima standardnih dimenzija. Horizontalnom signalizacijom određen je smjer kretanja i dopuštena brzina. Brzina kretanja teretnih i drugih vozila ograničena je na 10 km/h [9].

Potrebno je naglasiti da uz prometnice kojima prometuju teretna vozila postoje trase koje služe isključivo kao vozna površina za portalne dizalice s gumenim kotačima (RTG).

### 3.3. Prometno opterećenje

Prometno opterećenje kontejnerskog terminala može se opisati kroz više parametara, ovisno o vrsti i intenzitetu prometa.

Najveći udio u prometu ima teretni promet (kamioni, tegljači s prikolicama, autodizalice sa sprederom, motorni viličari i sl.).

Prosječan broj vozila dnevno/tjedno/mjesečno ovisi o kapacitetu terminala, broju brodova u pristaništu te sezonskim varijacijama (npr. najgušći promet je po dolasku broda).

Sukladno Projektu kranskih staza i skladišno-manipulativnih površina kontejnerskog terminala Brajdica iz 2014. godine prometno opterećenje je definirano [9] :

- za planirani promet punog kapaciteta luke Brajdica 120.000 TEU (ekvivalentnih transportnih jedinica) usvojeni odnos TEU i broja kontejnera iznosi 1,33 što daje ukupni godišnji kapacitet kontejnera od 90.225
- odnos željezničkog prema cestovnom prometu na terminalu iznosi 25% prema 75% što znači da se godišnje kamionima preveze 67.669 kontejnera
- broju radnih dana iz tehnološkog elaborata (za 2004. godinu) iznosio je 225 (od ukupnog broja dana u godini odbijene su subote i nedjelje, praznici i dani nepogodni za rad) iz čega se dobila procjena da se dnevno prometnicama preveze 301 kontejner na kamionima

U posljednjih deset godina promet kontejnerskog terminala se povećao četiri puta te možemo za potrebe ovog diplomskog rada usvojiti sljedeće parametre:

- za planirani promet punog kapaciteta luke Brajdica 480.000 TEU, ukupni godišnji kapacitet kontejnera iznosi 360.902
- za odnos željezničkog prema cestovnom prometu u odnosu 45% prema 55%, godišnje se kamionima preveze 234.586 kontejnera
- za jednak broj radnih dana 225, dnevno se prometnicama preveze 1042 kontejnera

Na osnovu navedenog (bez proračuna ekvivalentnih 80 kN osovina na dan) možemo zaključiti da se promatrana površina kontejnerskog terminala nalazi u grupi VRLO TEŠKOG prometnog opterećenja!

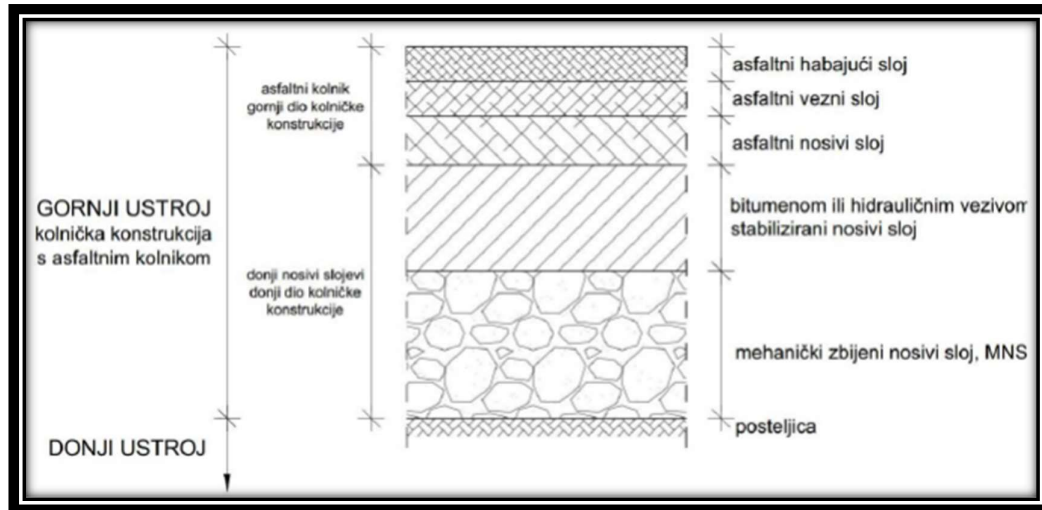
## 4. KONSTRUKCIJA KOLNIKA

Tehničkim propisom za asfaltne kolnike (NN 45/2021) propisana su tehnička svojstva za asfaltni kolnik kao dio kolničke konstrukcije prometne građevine, svojstva koja moraju imati građevni proizvodi u odnosu na njihove bitne značajke i zahtjevi koje moraju zadovoljiti građevni proizvodi namijenjeni ugradnji u asfaltni kolnik, zahtjevi za projektiranje, izvođenje, uporabljivost, održavanje, uklanjanje te drugi zahtjevi [11].

Tehničkim propisom dane su sljedeće definicije [11]:

1. **Asfaltni kolnik** definiran je kao gornji dio kolničke konstrukcije koji se sastoji od jednog ili više asfaltnih slojeva (habajući, vezni i nosivi asfaltni slojevi), raspoređenih i povezanih na projektom određen način, a koji su postavljeni na donje nosive slojeve kolničke konstrukcije od mehanički zbijenog ili bitumenom, odnosno cementom stabiliziranog agregata.
2. **Donji nosivi slojevi kolničke konstrukcije** su donji dio kolničke konstrukcije koji se sastoji od jednog ili više nosivih slojeva kolničke konstrukcije od mehanički zbijenog ili bitumenom odnosno cementom stabiliziranog agregata, koji se ugrađuju na priređenu posteljicu, a na koje se ugrađuje asfaltni kolnik.
3. **Kolnička konstrukcija s asfaltnim kolnikom** je gornji ustroj prometne građevine koji se sastoji od asfaltnog kolnika i donjih nosivih slojeva kolničke konstrukcije, a ugrađuje se na donji ustroj prometne građevine odnosno posteljicu kao njen završni dio (uređen završni sloj nasipa, uređeno ili zamijenjeno sraslo tlo usjeka, konstrukcija objekata).
4. **Gornji ustroj prometne građevine** je kolnička konstrukcija odnosno sve ono što se nalazi iznad površine posteljice, odnosno nosive ploče objekta kada se kolnička konstrukcija nalazi na cestovnom objektu.
5. **Donji ustroj prometne građevine** je nasip uključujući posteljicu, usjek, galerije, mostovi, tuneli i drugo na kojem se izvodi kolnička konstrukcija prometne građevine.
6. **Posteljica** je uređeni završni sloj donjeg ustroja prometne građevine (uređen završni sloj nasipa, uređeno ili zamijenjeno sraslo tlo usjeka, određene ravnosti i nagiba) koji svojim fizikalnim i kemijskim svojstvima odnosno mehaničkim karakteristikama zadovoljava tražene uvjete.

Na slici 3. prikazan je karakteristični poprečni presjek kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom.



Slika 3. Karakteristični poprečni presjek kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom [11]

Tehnička svojstva asfaltnog kolnika moraju biti takva da tijekom projektiranog (proračunskog) uporabnog vijeka, uz propisano odnosno projektom određeno izvođenje na pravilno ugrađenim projektiranim donjim nosivim slojevima kolničke konstrukcije i projektom predviđeno održavanje, podnese sve utjecaje uobičajene uporabe i utjecaje okoliša, odnosno da tijekom izvođenja i uporabe predvidiva djelovanja ne prouzroče:

- oštećenja vozne površine koja ugrožavaju sigurnost odvijanja prometa,
- deformacije nedopuštenog stupnja,
- oštećenja koja se prenose na donje nosive dijelove kolničke konstrukcije i
- nerazmjerno velika oštećenja u odnosu na uzroke zbog kojih su nastala [11].

Održavanje asfaltnog kolnika mora biti takvo da se tijekom vijeka trajanja kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom očuvaju njezina tehnička svojstva i ispunjavaju zahtjevi određeni projektom kolničke konstrukcije i Tehničkim propisom, te drugi temeljni zahtjevi koje kolnička konstrukcija mora ispunjavati u skladu s posebnim propisima kojima se uređuje donji dio kolničke konstrukcije i donji ustroj prometne građevine, te projektom građevine [11].

#### 4.1. Elementi kolničke konstrukcije kontejnerskog terminala Brajdica

Kolnička konstrukcija prometno-manipulativnih površina kontejnerskog terminala Brajdica sastoji se od sljedećih slojeva [9]:

- Habajući sloj asfalt betona AC 16 surf BIT 50/70 AG1 M4,
- Nosivi sloj bitumeniziranog kamenog materijala AC 32 base BIT 50/70 AG6 M1,
- Nosivi sloj od nevezanog kamenog materijala MNS  $\emptyset$  0/63 mm.

Potrebno je napomenuti da je kolnička konstrukcija pregledane dionice izvedena u razdoblju između 2014. i 2016. (nije dostupan točan podatak). S obzirom na to da u posljednjih 10 godina nisu vršeni nikakvi popravci niti konkretno održavanje, predmetna dionica je odabrana kako bi se stekao uvid u njeno stvarno stanje.

## 5. STRATEGIJA GOSPODARENJA CESTAMA

Gospodarenje cestama je sustavno održavanje, poboljšavanje i korištenje cestovne imovine, kombiniranjem inženjerskih principa s dobrom poslovnom praksom i ekonomskom realnošću, osiguravajući alate za primjenu organiziranijeg i fleksibilnijeg pristupa za donošenje odluka neophodnih za ispunjavanje očekivanja javnosti. Strategije gospodarenja cestama moraju biti bazirane na načelu dugoročnog planiranja, a odgovarajuća strategija bira se u kontekstu postavljenih ciljeva, vremena i raspoloživih resursa Osnova svim odlukama u održavanju cesta jest poznavanje stanja kolničke konstrukcije [12].

Gospodarenje kolnicima je bitan element gospodarenja cestama. Izdvojene su tri osnovne metode gospodarenja kolnicima [12]:

- Analiza stanja kolnika (pristup na razini projekta) – smatra se najjednostavnijom metodom, agregira informaciju o stanju kolnika na razini projekta i odabire najprikladniju strategiju – OR&R (održavanje, rehabilitacija ili rekonstrukcija). Nedostatak ovog sustava je što ne razmatra buduće stanje kolnika.
- Modeli ocjenjivanja prioriteta (pristup na razini projekta) – metoda poboljšava analizu stanja kolnika, uključujući informaciju o predviđenom budućem stanju kolnika.
- Modeli optimizacije mreže (pristup na razini mreže) – ova metoda se smatra najsofisticiranijom, ona simultano analizira cijelu cestovnu mrežu radi održavanja optimalne strategije gospodarenja kolnicima za cestovnu mrežu. Zatim se odabiru specifični OR&R projekti i lokacije da se ta strategija realizira.

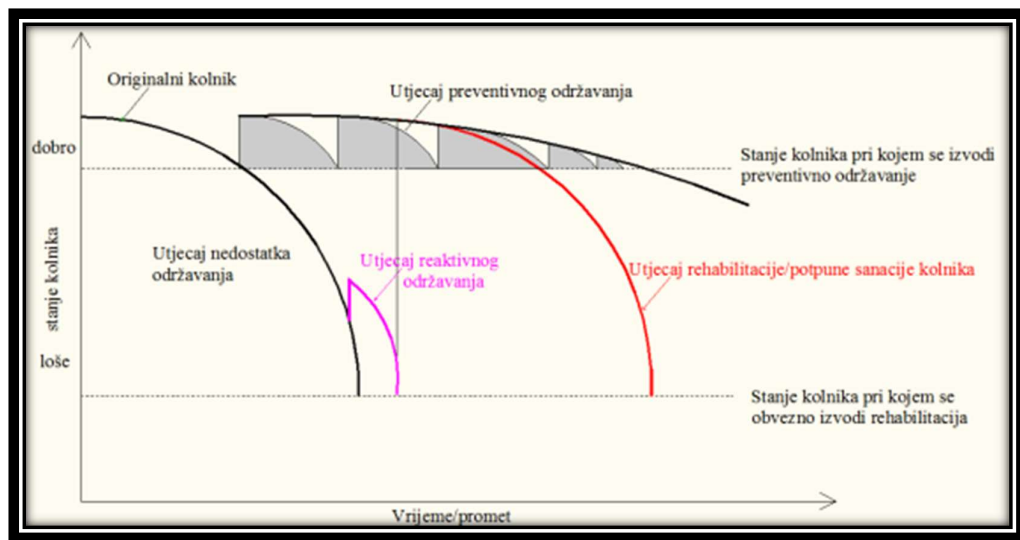
Strategije gospodarenja usmjerene su na preventivno održavanje cesta.

Preventivno održavanje je organizirani sustavni proces primjene niza postupaka preventivnog održavanja tijekom životnog vijeka ceste radi minimiziranja troškova tijekom životnog vijeka. Korištenjem preventivnog održavanja cesta smanjuje se obim skupih i vremenski zahtjevnih radova održavanja u projektnom periodu i/ili se odgađa vrijeme kada je takve radove potrebno aplicirati. Koristi od preventivnog održavanja su veće zadovoljstvo korisnika, bolje stanje kolnika, uštede u troškovima, povećana sigurnost, odluke na osnovi boljih informacija. [12].



Reaktivno održavanje je interventno održavanje u kojem nisu unaprijed definirani ni prostorni, ni vremenski, ni financijski okviri u kojima je potrebno obaviti određeni zahvat.

Na slici 5. prikazana je usporedba utjecaja preventivnog i reaktivnog održavanja na stanje kolnika. Preventivnim održavanjem moguće je duže vrijeme održati visoku uporabnu razinu kolnika i odgoditi potrebu za rehabilitacijom ili potpunom sanacijom kolnika, kao što je vidljivo na slici. Na primjeru kada kolnik u prvoj fazi eksploatacije, kada je bio u dobrom stanju, nije održavan, vidi se da propada brže od održavanog. Uložena sredstva u reaktivno održavanje, kada je stanje kolnika bilo značajno lošije, odgađaju na duži rok vrijeme potrebno za potpunu sanaciju. Neodržavanje i zakašnjelo interventno održavanje skraćuje ukupni životni vijek kolnika i može dovesti do takvog stanja da cesta postane neupotrebljiva dok se ne izvrši potpuna sanacija, što uzrokuje niz neželjenih posljedica – ekonomskih, sigurnosnih i ekoloških gubitaka za korisnike i cijeli prometni sustav [12].



Slika 4. Posljedice različitih pristupa održavanju ceste [12]

Iskustva gospodarenja cestama pokazuju da se plansko i preventivno održavanje pokazalo najučinkovitijim i najisplativijim i prema kriterijima stanja kolnika (slika 1) i objekata i prema kriterijima potrošnje sredstava. U praksi nije u potpunosti moguće izbjeći reaktivno (interventno) održavanje, ali je intencija da u gospodarenju cestama prevladava preventivno održavanje [12].

Cilj svakog projekta kolnika i strategije upravljanja je da se odgovarajuća razina učinkovitosti postigne tijekom cijelog životnog vijeka kolnika. Zbog nedostataka pravilnika ili propisa sa smjernicama za projektiranje kolničke konstrukcije luka i kontejnerskih terminala, inženjeri se često pozivaju na cestovne standarde za procjenu i definiranje potrebne razine usluge u kolovozima terminala. Dok su ti standardi korisni kao vodič, potrebno je razumjeti da za kolovoze terminala definicija performansi nije ista kao definicija cestovnih ili aerodromskih kolnika [3].

Procjena stanja kolnika uključuje prikupljanje i analizu podataka o svojstvima kolnika (npr. pukotina, kolotraga, strukturne nosivosti i dr.) za određivanje pojedinačnih ili ukupnih pokazatelja stanja kolnika. Općenito, postoje dvije razine istraživanja za ocjenu stanja: razina projekta i razina mreže. Istraživanje na razini projekta uključuje detaljno prikupljanje podataka i postupak analize koji se često provodi na izoliranim dionicama kolnika koji se koriste za potrebe projektiranja kolnika ili procjene forenzičkih studija. Istraživanje na razini mreže obično je manje detaljno od istraživanja na razini projekta i provodi se na većem dijelu ili cijeloj mreži kolnika korisnika (*AASHTO 1993*).

Za procjenu stanja kolnika pored objektivnih ispitivanja i mjerenja, vizualna ocjena stanja kolnika predstavlja nezamjenjiv podatak. Kategorizacija i opis vrsta oštećenja od primarne je važnosti za određivanje stanja kolnika, mogućih uzroka pojave oštećenja i odabira najprimjerenijih postupaka održavanja (Prilog 1.).

## 6. METODE PREGLEDA

Osnova svim odlukama u održavanju cesta jest poznavanje stanja kolničke konstrukcije. Stanje kolničke konstrukcije se ocjenjuje u pogledu oblika površine kolnika, oštećenja površine kolnika, promjene ponašanja kolnika i djelovanja na površinu kolnika uslijed raznih obilježja stanja, npr. ravnost u uzdužnom i poprečnom profilu; vrsta, opseg i broj oštećenih mjesta; hvatljivost itd.. Obilježja stanja se opisuju kvantitativno pomoću indikatora stanja (npr. dubina kolotragova za ravnost u poprečnom profilu). Pomoću indikatora stanja dobiveni kvantitativni izraz za stanovito obilježje stanja naziva se veličinom stanja. Veličine stanja se mogu dobiti mjerenjem određenim uređajima ili na osnovi vizualno-senzitivnih opažanja npr. vožnjom na određenom odsječku dionice (snimanje stanja). Prilikom procjene stanja uzimaju se u obzir sva obilježja stanja koja su bitna za karakterizaciju cesta [5].

Obzirom na sredstva koja se pri opažanjima koriste razlikuju se dvije skupine metoda pregleda (Prilog 2.):

- ispitivanja mjernim uređajima
- vizualni pregled.

Rezultati ispitivanja mjernim uređajima su objektivni i usporedivi. Ova ispitivanja u pravilu zahtijevaju posjedovanje tehnološki složenih mjernih instrumenata. Vizualni pregled je subjektivan, objektivizacija i interpretacija rezultata je otežana, posebno pri pregledima s više timova ispitivača (Prilog 2.).

Obzirom na način pregleda danas se koriste različite metode, koje se mogu svrstati u četiri grupe (Prilog 2.):

- vizualni pregled ophodnjom (pješice)
- vizualni pregled iz vozila (u vožnji)
- automatski pregledi (u vožnji)
- pregledi snimanjem (u vožnji).

Pregledi ophodnjom (pješice) za neke vrste oštećenja (oštećenja završnog sloja i pukotine) posebno su prikladna, jer je izravnim uvidom moguće precizno utvrditi vrstu, opseg i stupanj oštećenja. Loše strane pregleda ophodnjom su stalna opasnost od prometa,

dugotrajno (skupo) prikupljanje podataka i neprikladnost opažanja (ocjenjivanja) nekih vrsta oštećenja koja su primjerenija opažanju mjernim uređajima (Prilog 2.).

Vizualni pregled iz vozila (u vožnji) prikladan je pregledu oštećenja „na razini mreže“. Brzina vožnje ovisi o broju podataka koji se prikupljaju (u pravilu je brzina vožnje manja od brzine tekućeg prometa). Podaci se unose u odgovarajući obrazac ili izravno u računalo. Prednost ovog načina pregleda u odnosu na pregled ophodnjom (pješice) je značajno povećanje produktivnosti uz bitno smanjenu opasnost od prometa (Prilog 2.). Nedostatak pregleda iz vozila (u vožnji) u odnosu na pregled ophodnjom (pješice) može uključivati:

- **Ograničenu vidljivost:** Iako se pregled obavlja iz vozila, vidljivost može biti ograničena zbog brzine vožnje, nepovoljnih vremenskih uvjeta (npr. kiša, magla) ili zagađenja na vjetrobranskom staklu. Detalji i manja oštećenja mogu biti propušteni zbog brzine prolaska.
- **Nedostatak detaljne analize:** Pregled pješice omogućuje detaljniji pregled područja i bliže istraživanje oštećenja ili problema. U vožnji je teško provesti temeljitu inspekciju, što može dovesti do propuštanja manjih, ali važnih detalja.
- **Problemi s pristupom:** U nekim područjima može biti teško ili nemoguće pristupiti određenim lokacijama iz vozila, posebno ako su uske ili nepristupačne ceste ili područja.
- **Brzina vožnje i sigurnost:** Iako je pregled iz vozila siguran u smislu izbjegavanja direktne izloženosti prometu, vozač može biti ometan ili fokusiran na održavanje brzine i kretanja, što može utjecati na kvalitetu pregleda.

Automatski pregledi (u vožnji) provode se posebnim mjernim uređajima. Rezultati mjerenja bilježe se automatski, kao i unošenje rezultata u bazu podataka, no nabava mjernih uređaja iziskuje znatna financijska ulaganja (Prilog 2.).

Pregled filmskim i video snimanjem (u vožnji) provodi se kao dopuna navedenim metodama. Brzi razvoj videotehnologije istiskuje snimanje filmova, dok povećanje rezolucije, odnosno kvalitete slike, omogućava sve veće brzine vožnje. Nedostatci se očituju u kvaliteti slike, te dugotrajnom postupku očitavanja podataka s ekrana i prenošenja istih u bazu podataka (Prilog 2.).

Za provedbu održavanja cestovne infrastrukture uobičajene su dvije razine vizualnog pregleda stanja kolnika (Prilog 2.):

- **grubi pregled** (sadrži procjenu oštećenja i stanja kolnika „na razini cestovne mreže“; primjenjuje se za sistematsko praćenje stanja cijele cestovne mreže ili njezinih većih dijelova u cilju razvoja i provođenja generalnog koncepta održavanja; vizualnim pregledom u smislu grubog pregleda snimaju se samo određene vrste i grupe oštećenja),
- **detaljni pregled** (sadrži procjenu oštećenja i stanja kolnika „na razini projekta“; opseg i stupanj oštećenja utvrđuje se pojedinačno za svaku vrstu oštećenja; rezultat pregleda čini podlogu za određivanje mjera sanacije nastalih šteta).

## 7. KATALOG OŠTEĆENJA ASFALTNIH KOLNIKA

Na inicijativu Hrvatskih cesta d.o.o. Zavod za prometnice Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu izradio je Katalog oštećenja asfaltnih kolnika. Ovaj katalog namijenjen je prepoznavanju različitih vrsta oštećenja i nedostataka na kolnicima, te predstavlja ključni alat za kvalitetno i dosljedno prikupljanje podataka.

Katalogom su obuhvaćena karakteristična oštećenja koja se javljaju na asfaltnim kolnicima. Za svaku vrstu oštećenja u katalogu naveden je opis oštećenja, predvidivo napredovanje oštećenja, način procjene stupnja i opsega oštećenja, a sva su oštećenja prikazana pripadajućim fotografijama (Prilog 1.).

Oštećenja su podijeljena u pet skupina (ukupno 21 vrsta oštećenja) i to:

### 1. Oštećenja teksture površine

- Zaglađena (polirana površina)
- Izbijanje bitumenskog veziva
- Trošenje

### 2. Oštećenja završnog sloja

- Odvajanje / otkidanje habajućeg sloja
- Udarne rupe / zakrpe

### 3. Deformacije površine

- Valovanje
- Boranje
- Kolotraženje
- Klizanje
- Bočno istiskivanje
- Lokalna uleknuća
- Slijeganje ruba kolnika
- Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja

### 4. Pukotine

- Mrežaste pukotine
- Uzdužne pukotine
- Poprečne pukotine
- Pukotine u tragovima kotača

- Otvoreni radni spojevi
- Pukotine uslijed slijeganja
- Pukotine uz rub kolnika

## **5. Popravci**

Pri odabiru vrsta (ili grupa) oštećenja koje treba obuhvatiti vizualnim pregledom potrebno je uskladiti dva oprečna zahtjeva. Prvi je cilj registrirati što veći broj vrsta oštećenja kako bi se dobila što preciznija slika stvarnog stanja kolnika. Drugi zahtjev je minimiziranje broja vrsta oštećenja kako bi vizualni pregled bio učinkovit i izvediv. Redukcija broja vrsta pregleda provedena je u tri koraka temeljem iskustava vizualnih pregleda iz drugih zemalja i uvažavanjem specifičnosti stanja naše cestovne mreže (Prilog 1.):

1. Eliminacija onih vrsta oštećenja koja se detektiraju mjernim uređajima (npr. Oštećenja teksture površine (Zaglađena površina, Trošenje) i Deformacije površine (Valovanje, Kolotraženje));
2. Eliminacija vrsta oštećenja koja su manje značajna za ocjenu stanja kolnika, odnosno onih vrsta oštećenja koje se vizualnim pregledom ne mogu efikasno uočavati (npr. Lokalna uleknuća, Izdizanje uslijed smrzavanja i dr.);
3. Sažimanjem nekih srodnih vrsta oštećenja u istu grupu pregleda (npr. Oštećenja završnog sloja i Mrežaste pukotine).

## 8. DEFINIRANJE OŠTEĆENJA KOLNIKA KONTEJNERSKIH TERMINALA

Diljem svijeta, kolnici terminala rade s razinama odvajanja, kolotrazima, pukotinama i hrapavosti koji bi bili neprihvatljivi na kolnicima cesta ili aerodroma, a nemaju učinak na rad terminala. Uz različite razine usluge, kolnici terminala nisu i nikada neće biti bez održavanja, a potrebna razina održavanja za održavanje upotrebljivosti mora se smatrati dijelom projekta kolnika [3]. Razinu održavanja potrebno je uključiti kao dio projekta kolnika iz nekoliko razloga:

- **Dugoročna funkcionalnost:** Kolnici terminala moraju biti u funkcionalnom stanju kako bi mogli učinkovito služiti svojoj svrsi. Održavanje je ključno za očuvanje njihove upotrebljivosti, sigurnosti i efikasnosti. Ako se održavanje ne planira i provodi ispravno, kolnici mogu brzo postati neupotrebljivi ili opasni za korisnike.
- **Planiranje i troškovi:** Uključivanje održavanja u fazu projektiranja omogućuje bolje planiranje i budžetiranje. Troškovi održavanja mogu biti značajni, stoga je važno unaprijed planirati kako bi se osigurali dovoljni resursi i financijska sredstva za redovno održavanje i popravke. Ovaj pristup pomaže u izbjegavanju iznenadnih troškova i omogućuje dugoročno održavanje kvalitete kolnika.
- **Povećanje trajnosti:** Redovno održavanje može značajno produžiti životni vijek kolnika. Ako se oštećenja i problemi rješavaju pravovremeno, sprečava se njihovo pogoršanje koje može dovesti do većih i skupljih popravaka u budućnosti. Time se smanjuje potreba za velikim intervencijama i obnavljanjima.
- **Sigurnost i usklađenost:** Održavanje kolnika je ključno za osiguranje sigurnosti svih korisnika. Neodržavani kolnici mogu postati opasni zbog oštećenja poput pukotina, rupa ili nepravilnosti na površini. Također, postoje propisi i standardi koji zahtijevaju redovno održavanje kako bi se osigurala usklađenost sa sigurnosnim i tehničkim normama.
- **Korisničko iskustvo:** U terminalima, gdje su često prisutni visoki promet i intenzivna upotreba, održavanje utječe na korisničko iskustvo. Neadekvatno održavani kolnici mogu uzrokovati nelagodu ili kašnjenja, što može negativno utjecati na operativnu učinkovitost i zadovoljstvo korisnika.



Obzirom na prirodu oštećenja kolnici terminala ne mogu se održavati po standardu kolnika cesta. Usporedbom oba tipa kolnika možemo navesti nekoliko razloga:

### **Intenzitet i vrsta opterećenja**

- **Kolnici terminala:** Terminali često imaju visoko specifična opterećenja zbog intenzivnog prometa teških vozila, kao što su kamioni i kontejneri, koji se često kreću po istim putanjama. Ova vrsta opterećenja može uzrokovati drugačije vrste oštećenja, poput ozbiljnijih deformacija ili pukotina, zbog koncentriranog i ponovljenog opterećenja.
- **Cestovni kolnici:** Ceste su dizajnirane za raspodjelu opterećenja preko širokih površina i različitih tipova vozila. Oštećenja na cestama obično nastaju zbog kombinacije faktora, uključujući promet, vremenske uvjete i materijalne troškove, i često su ravnomjernije raspoređena.

### **Funkcionalni zahtjevi i namjena**

- **Kolnici terminala:** Ovi kolnici često imaju specifične funkcionalne zahtjeve vezane za rukovanje teretom, manipulaciju i skladištenje. Površinski materijali i strukture moraju biti prilagođeni za intenzivnu upotrebu i česte promjene u vrsti tereta.
- **Cestovni kolnici:** Ceste su generalno dizajnirane za pružanje glatke i sigurne vožnje za širok spektar vozila i tereta, ali nemaju specifične zahtjeve kao što su terminali, gdje je potreban specijalizirani dizajn za učinkovit rad s određenim vrstama opterećenja.

### **Oštećenja i trošenje**

- **Kolnici terminala:** Oštećenja mogu uključivati specifične vrste trošenja, kao što su visoka koncentracija pukotina ili rupa na određenim područjima zbog intenzivne upotrebe i kontakta s teškim teretom. Također, mogu se pojaviti problemi poput nepravilnog trošenja ili deformacija koje zahtijevaju specifične metode popravka i održavanja.
- **Cestovni kolnici:** Oštećenja na cestama često su rezultat kombinacije faktora uključujući vlagu, temperaturne promjene i opterećenje vozila. Održavanje i popravak ovih oštećenja često se temelje na standardiziranim metodama koje se bave svim vrstama oštećenja ravnomjerno raspoređenih.

## Učestalost i vrsta intervencija

- **Kolnici terminala:** Održavanje kolnika terminala može zahtijevati češće i specijalizirane intervencije zbog intenzivne upotrebe i specifičnih tipova oštećenja. Ovi kolnici često trebaju redovito praćenje i pravovremene popravke kako bi se održali u funkcionalnom stanju.
- **Cestovni kolnici:** Održavanje cesta može slijediti redovne cikluse inspekcija i popravaka koji su standardizirani i temelje se na uobičajenim obrascima oštećenja uzrokovanim svakodnevnim prometom i vremenskim uvjetima.

## Materijal i dizajn

- **Kolnici terminala:** Materijali korišteni za izgradnju terminalnih kolnika mogu se razlikovati od materijala za ceste, s naglaskom na otpornost na specifična opterećenja i habanje uzrokovano intenzivnim radom i specifičnim uvjetima rada.
- **Cestovni kolnici:** Materijali za cestovne kolnike su često dizajnirani da izdrže različite uvjete, uključujući promjene temperature i vlage, i da se prilagode širokoj vrsti vozila i opterećenja.

Zbog tih specifičnih čimbenika, kolnici terminala zahtijevaju prilagođene metode održavanja koje uzimaju u obzir intenzitet i vrstu opterećenja, kao i specifične funkcionalne zahtjeve i materijale. Standardi održavanja za cestovne kolnike možda neće biti dovoljni za adekvatno održavanje kolnika terminala, zbog čega je potrebno razviti specijalizirane pristupe za njihovo učinkovito održavanje i popravak.

Projektom kolnika, u suradnji s operaterima, treba odrediti koja je razina usluge koju zahtijeva kolnik i kada je kolnik otkazao [3].

Parametri ključni za razumijevanje specifičnih vrsta oštećenja koja se javljaju na kolnicima terminala opisani su u nastavku. Navedeni parametri ne koriste se konkretno za ocjenu stanja kolničke konstrukcije, već služe kao smjernice za održavanje. Ovi parametri pomažu u usmjeravanju i planiranju održavanja kolnika na terminalima, omogućujući pravovremeno i ciljano rješavanje specifičnih vrsta oštećenja i problema koji se mogu pojaviti zbog intenzivne upotrebe i specifičnih operativnih uvjeta.

## 8.1. Oblik

Kolnici luka i terminala često se grade na obnovljenom zemljištu (nasipu), morskom okruženju razvijenom izvan prirodne obale. Kod takvih situacija nije neuobičajeno da se u prvim godinama rada pojave slijeganja i preko 100 mm. Kod starijih terminala, gdje se poduzimaju mjere obnove, slijeganje je manje uobičajeno, međutim, još se uvijek može dogoditi [3].

Slijeganje gotovo uvijek rezultira gubitkom oblika površine kolnika. Općenito, jedina prepreka upotrebljivosti zbog ovakvog gubitka oblika je tendencija da deformirano područje zadržava vodu (lokve i jezerca). Iako je samo po sebi prepreka, gubitak oblika općenito se ne smatra štetom [3].

Slučajevi kada slijeganje postaje problem i predstavlja štetu jesu:

- gdje slijeganje rezultira razlikom u površini kolnika unutar skladišnih površina, posebno na uglovima kontejnera (ovakvo slijeganje može dovesti do izvijanja kontejnera osobito u situacijama visokog opterećenja)
- gdje slijeganje uzrokuje naglu promjenu visine razine naspram krute strukture poprečno na smjer vožnje
- gdje slijeganje uzrokuje gubitak oblika površine unutar područja kolnika koji utječe na stabilnost tereta koji nosi oprema za rukovanje kontejnerima (kao pravilo, slijeganje od 70 mm na duljini manjoj od jednog metra može uzrokovati probleme s stabilnošću kontejnera; ovaj podatak treba procijeniti na svakoj lokaciji na temelju vrste opreme i načinu rada, a prema ulaznim podacima operatera) [3]

## 8.2. Poprečni pad

Na kontejnerskim prometnim površinama preporučuje se projektiranje i izvedba poprečnog pada samo unutar kolnika, odnosno izvan područja slaganja. Promjene u poprečnom padu trebale bi biti paralelne na glavni smjer vožnje s nagibom ne većim od 2%. U protivnom može se očekivati izolirana šteta [3].

Ukoliko je poprečni pad izveden u području slaganja oslabljuje se potpora kontejnerima i opterećenje je koncentrirano na malu površinu što rezultira znatno višim pritiscima koji premašuju čvrstoću većine materijala za površinsku obradu i pojavljuju se odlamanja materijala [3].

### **8.3. Kolotrazi**

Kolotrazi su kontinuirano uleknuće u tragu kotača koje zahvaća jedan ili više slojeva kolnika [14].

Za fleksibilne kolnike postoje principi koji mogu dovesti do kolotruga kao npr. strukturna deformacija, konsolidacija i dr.. Lokalizirana strukturna deformacija se često pripisuje mekim točkama u podlozi, slabom cementom stabiliziranom nosivom sloju ili posmičnom naprezanju. Utvrđeno je da se strukturna deformacija može javiti i kao rezultat drobljenja i erozije nasipnih slojeva u kontejnerskim terminalima, i to u savitljivim kolničkim konstrukcijama s relativno malim obujmom prometa ili polukrutim kolničkim konstrukcijama s velikim prometom. Kod polukrutih kolničkih konstrukcija završni sloj preko cementom stabiliziranog nosivog sloja značajan je faktor koji utječe na pojavu i napredovanje kolotruga [3].

Kolotrage unutar asfaltnih slojeva dodatno pogoršavaju teška opterećenja koja se sporo kreću, odnosno kontinuirano pokretanje i zaustavljanje prometa uzrokovano operacijama na terminalu.

Za kolnike terminala očekuje se određena razina kolotruga, i uobičajeno je da oni budu dubine veće od 50 mm, što nužno ne mora utjecati na upotrebljivost. Kao opće pravilo uzima se da je za kolotrage veće od 50 mm i duže od 10 m potrebna sanacija, no to je samo smjernica [3].

Međutim, postoje određeni razlozi kada kolotrazi postaju prepreka upotrebljivosti (razina upotrebljivosti nije jednaka na svakom dijelu terminala i ovisi radnoj opremi).

Operativna područja prijevoznika općenito su više kanalizirana od FEL (Front End Loader) operativnih područja i kada se kolotrazi pojave formiraju se zdjelaste forme sa uzdignutim rubovima. Unutar područja slaganja može doći i do kolotruga većih od 60 mm a

da to ne utječe na upotrebljivost, no kolotrazi će zadržavati vodu, a stabilnost i pucanje asfalta može postati problem. Na mjestima ulaza i izlaza iz područja slaganja na kolnike, kolotrazi unutar područja slaganja postaju okomiti na smjer prometa i to može utjecati na upotrebljivost. Na takvim lokacijama potrebne su niže razine kolotruga za siguran rad terminala (<30 mm) [3].

Zbog ne kanalizirane prirode operacija i „lutanja“ opreme kolotrazi koji se javljaju na područjima operacija Reach Stacker-a obično čine plitke zdjelaste deformacije koje mogu biti veće od 50 mm a da ne utječu na rad terminala. Kada se kolotrazi javljaju u središnjem dijelu kontejnera ne uzrokuju probleme dokle god su sva četiri kuta kontejnera u kontaktu s kolnikom. To je zbog toga što su kontejneri dizajnirani da podnose teret na svim stupovima u sva četiri kuta. Ukoliko deformacija uzrokuje razliku u obliku površine, što rezultira gubitkom oslonca kontejnera na kutu većem od 1 m, kolotrazi mogu uzrokovati savijanje kontejnera [3].

#### **8.4. Pukotine**

Pukotine koje se javljaju u tragovima kotača nastaju kao posljedica umora materijala kolnika [14].

U početnim fazama, pukotine same po sebi ne ometaju rad terminala. Kada pukotine uzrokuju rupe povezane s velikom deformacijom (>50 mm) ili kada rezultiraju raspadanjem površine i/ili kolnika potrebno je pristupiti sanaciji jer ubrzo mogu utjecati na razinu uporabljivosti [3].

#### **8.5. Trošenje**

Trošenje površine kolnika djelovanjem kotača vozila. Uslijed gubitka bitumenskog veziva trošenjem, površina kolnika se postupno razgrađuje uz ispadanje (odvajanje) zrna agregata. Površina kolnika postaje gruba, vrlo hrapava, s ogoljelim stršećim zrnima kamenog agregata (Prilog 2.).

Postoji nekoliko uzroka trošenja kao npr. oštećenja od vlage, niska gustoća ili niski sadržaj veziva u asfaltnoj mješavini, međutim na kolnicima kontejnerskih terminala, većina trošenja uzrokovana je oštećenjem pri radu kontejnerima ili zakretanjem kotača opreme za rukovanje kontejnerima. Ekstremno velika opterećenja ispod kutnih stupova kontejnera plus učinak pada i povlačenja kontejnera oštećuju površinski materijal (drobljenje i raspadanje) što dovodi do erozije površine i/ili podloge. Oštećenja nastaju na mjestima kočenja i okretanja kotača opreme za utovar i istovar kontejnera (Reach Stacker) gdje se stvaraju velike posmične sile površinskog materijala što dovodi do gubitka dijela agregata s površine. Ovakvo trošenje obično se događa na novim asfaltnim površinama i smiruje se nakon nekoliko tjedana [3].

Iako je znak propadanja, oštećenje trošenjem općenito ne utječe na uporabljivost terminala što je potkrepljeno činjenicom da su mnogi terminali godinama uspješno nastavili s radom s onim što je definirano kao prekomjerno trošenje tijekom godina [3].

Otpornost od oštećenja trošenjem asfaltnih kolnika kontejnerskih terminala povećana je debljinom asfaltnog zastora većom od 80 mm, dok su debljine manje od 50 mm vrlo podložne trošenju [3].

## **8.6. Deformacije lokacija kutnih stopa kontejnera**

Oštećenja na pozicijama kutnih stopa kontejnera su izolirane deformacije na površini kolnika koje nastaju zbog puzanja materijala pod statičkim djelovanjem stopa. Obično su to izolirana oštećenja kolnika gdje opterećenje teretom premašuje čvrstoću materijala. Deformacija je uglavnom ograničena na gornjih 20 mm površine. To se smatra kontroliranom deformacijom, nasuprot nekontroliranoj deformaciji koja nastavlja propadati pod opterećenjem i dovodi do znatnog oštećenja materijala [3].

## 9. PREGLED KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Za prikupljanje podataka prilikom izrade diplomskog rada korištene su dvije metode:

- pregled snimanjem (u vožnji) – Hawkeye 2000, te
- vizualni pregled ophodnjom (pješice).

### 9.1. Hawkeye 2000 i COST 354 Action

Platforma Hawkeye je jedna od najnaprednijih i najpotpunijih sustava za prikupljanje podataka. Platforma je proizvedena tijekom 50 i više godina istraživanja i razvoja. Sustav se sastoji od računala, digitalne kamere, digitalnog lasera za profiliranje, GPS sustava i sl. ugrađenih na odgovarajuće vozilo [13].

Sustav prikuplja velik broj informacija, konzistentnih i točnih podataka o stanju ceste i okolne infrastrukture što osigurava bolju podršku pri odlučivanju o gospodarenju i održavanju cesta [13].

Hawkeye DLP (Digital Laser Profiler) klasificiran je kao beskontaktni inercijski laser klase 1. prema EN 13036-6:2008 i ASTM E950 što znači da ima okomitu točnost od 0,01 mm, s profilima uzorkovanim svakih 1 mm uzdužnog hoda. Uzdužna visina profila mjeri se u intervalima od 25 mm ili većim, u mm. DLP mjeri valne duljine uzdužnog profila od 250 mm do 100 m ili više, pri brzini do 115 km/h [13].

U analizi stanja kolničke konstrukcije terminala podatci snimljeni sustavom Hawkeye 2000 jesu:

- makrotekstura (MPD – Mean Profile Depth),
- ravnost (IRI – International Roughness Index),
- kolotrazi (RD – Rut Depth).

Snimljeni podatci obrađeni su u skladu sa COST Action 354 „Performance Indicators for Road Pavements“ („Pokazatelji učinkovitosti za cestovne kolnike“). COST Action 354 definira jedinstvene europske pokazatelje učinkovitosti cestovnih kolnika uzimajući u obzir potrebe korisnika i operatera cesta. Kvantitativna procjena pokazatelja učinkovitosti daje

smjernice u pogledu sadašnjih i budućih potreba u projektiranju i održavanju cestovnih kolnika na nacionalnoj i Europskoj razini [14].

Razlog korištenja COST 354 Action indikatora za ocjenu stanja kolničke konstrukcije terminala, unatoč tome što analiza nije provedena na cestovnim kolnicima, leži u nekoliko ključnih čimbenika:

- **Adaptabilnost Indikatora:** COST 354 Action indikatori su razvijeni za analizu stanja kolničke konstrukcije i identificiranje potrebnih intervencija na temelju različitih vrsta oštećenja i problema. Iako su primarno namijenjeni cestovnim kolnicima, njihova metodologija i principi mogu se prilagoditi i primijeniti na kolnike terminala. Ovi indikatori pružaju strukturiran pristup za evaluaciju stanja i planiranje održavanja, što je korisno u različitim kontekstima.
- **Komparativna Analiza:** Iako su parametri i indikatori razvijeni za cestovne kolnike, njihova primjena u analizi kolnika terminala omogućuje usporedbu i identifikaciju sličnosti i razlika između vrsta oštećenja u različitim okruženjima. Ovaj pristup može pomoći u razumijevanju kako se različiti parametri ponašaju u specifičnim uvjetima terminala i pružiti korisne uvide za prilagodbu održavanja.
- **Poboljšanje Postojećih Metodologija:** Korištenje COST 354 Action indikatora može pomoći u identificiranju potencijalnih nedostataka u postojećim metodologijama održavanja kolnika terminala. Analizom na temelju ovih indikatora, moguće je dobiti vrijedne podatke koji mogu poslužiti kao osnova za razvoj specijaliziranih smjernica i pristupa koji su bolje prilagođeni specifičnostima terminala.
- **Osiguranje Sveobuhvatne Procjene:** Korištenjem provjerenih indikatora kao što su oni iz COST 354 Action, moguće je osigurati sveobuhvatnu i temeljitu procjenu stanja kolničke konstrukcije, koja može uključivati čimbenike kao što su oštećenja, trošenje i druge relevantne parametre. Ovaj pristup omogućuje identificiranje ključnih područja koja zahtijevaju pažnju i unapređenje održavanja.
- **Standardizacija i Ujednačenost:** Primjena standardiziranih indikatora omogućava dosljednost u procjeni i usporedbi stanja kolnika. Iako se koristi za cestovne kolnike, metoda može pružiti standardizirani okvir koji pomaže u identifikaciji i razumijevanju oštećenja i potreba za održavanjem u terminalima.



Korištenje COST 354 Action indikatora za ocjenu stanja kolničke konstrukcije terminala, iako primarno namijenjenih cestovnim kolnicima, omogućava adaptaciju provjerenih metodologija za specifične potrebe terminala. Ovaj pristup pomaže u osiguravanju sveobuhvatne i dosljedne procjene, kao i u razvoju boljih smjernica za održavanje i upravljanje kolnicima u terminalima.

U nastavku, indikatori prikazani u tablicama korišteni su za ocjenu stanja kolničke konstrukcije terminala.

Tablica 1. Podaci vezani uz RAVNOST [14]

1. Performance Indicator details					
Indicator Name:	Longitudinal Evenness, PI_E				
Description of Indeks:	Longitudinal Evenness is the deviation of the longitudinal profile from a straight reference line in a wavelength range of 0.5 m – 50 m. The reference line is usually the intersection of the profile plane and the horizontal plane				
Possible TPs:	International Roughness Indeks, Evenness, Wavelength, Spectral Density, Longitudinal Profile Variance and others.				
2. Proposed Technical Parameters(s)					
Technical Parameter(s)	International Indeks, IRI	Roughness	Units:	Mm/m	
3. Proposed Transfer function(s), usage and Limitations					
Proposed Transfer Function(s):	$PI_E = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (0,1733 \cdot IRI^2 + 07142 \cdot IRI - 0,0316)))$ [1] $PI_E = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (0,816 \cdot IRI)))$ [2]				
Usage of Transfer Function(s):	Transformation [1] was developed to create a more restrictive range than transformation [2] (see range and sensitivity below). The choice of transfer function should be based on wick range best suits the user's network.				
Limitations of Proposed Trasfer Function(s):	Transformation [1] and [2] are both suitable for all pavement types (flexible, semi-rigid and rigid).. Transformation [1] and [2] are both suitable for Motorways and Primary roads.				
4. Range and Sensitivity of Transfer functions					
	Very Good		→	Very Poor	
Longitudinal Evenness, PI_E	0 to 1	1 to 2	2 to 3	3 to 4	4 to 5
IRI (mm/m)–Transformation [1]	0.0-1.1	1.1-1.9	1.9-2.6	2.6-3.2	3.2-3.7
IRI (mm/m)–Transformation [2]	0.0-1.2	1.2-2.5	2.5-3.7	3.7-4.9	4.9-6.1

Tablica 2. Podaci vezani uz KOLOTRAŽENJE [14]

1. Performance Indicator details					
Indicator Name:	Transverse Evenness, PI_R				
Description of Indeks:	Transverse Evenness is measure of unevenness of the road across the full survey width as described in EN 13036-8 (2008).				
Possible TPs:	Rut Depth, Water depth, cross-fall. Edge deformation and others.				
2. Proposed Technical Parameters(s)					
Technical Parameter(s)	Rut Depth, RD	Units:	mm		
3. Proposed Transfer function(s), usage and Limitations					
Proposed Transfer Function(s):	$PI\_R = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (-0,0016 \cdot RD^2 + 0,2187 \cdot RD)))$ [1] $PI\_R = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (-0,0015 \cdot RD^2 + 0,2291 \cdot RD)))$ [2] $PI\_R = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (-0,0023 \cdot RD^2 + 0,2142 \cdot RD)))$ [3]				
Usage of Transfer Function(s):	Transformation [1] can be used for all road classes. Transformation [2] should only be used for motorways and primary roads. Transformation [3] should only be used for secondary and local roads.				
Limitations of Proposed Trasfer Function(s):	Transformation [1], [2] and [3] are all suitable for flexible and semi-rigid pavement types (not rigid). Transformation [1] is suitable for all road categories (Motorways, Primary and Secondary). Transformation [2] is suitable for Motorways and Primary roads. Transformation [3] is suitable for Secondary roads.				
4. Range and Sensitivity of Transfer functions					
	Very Good		→	Very Poor	
Transverse Evenness, PI_R	0 to 1	1 to 2	2 to 3	3 to 4	4 to 5
RD (mm) – Transformation [1]	0.0–4.7	4.7–9.9	9.9–15.5	15.5–21.8	21.8–29.0
RD (mm) – Transformation [2]	0.0–4.5	4.5–9.3	9.3–14.5	14.5–20.1	20.1–26.4
RD (mm) – Transformation [3]	0.0–4.9	4.9–10.5	10.5–17.2	17.2–25.8	25.8–46.6

Tablica 3. Podaci vezani uz MAKROTEKSTURU [14]

1. Performance Indicator details					
Indicator Name:	Macro-texture, PI_T				
Description of Indeks:	The Macro-texture of surface is formed from the aggregate particles and is represented by wavelengths of 0.5 to 50 mm.				
Possible TPs:	Mean profile depth, Sensor Measured Texture depth, Sand patch value and others.				
2. Proposed Technical Parameters(s)					
Technical Parameter(s)	Mean Profile Depth, MPD	Units:	mm		
3. Proposed Transfer function(s), usage and Limitations					
Proposed Transfer Function(s):	$PI_T = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (6,6 - 5,3 \cdot \text{MPD})))$ [1]				
	$PI_T = \text{Max}(0; \text{Min}(5; (7,0 - 6,9 \cdot \text{MPD})))$ [2]				
Usage of Transfer Function(s):	Transformation [1] should only be used for motorways and primary roads. Transformation [2] should only be used for secondary and local roads.				
Limitations of Proposed Trasfer Function(s):	Transformation [1] and [2] are both suitable for all pavement types (flexible, semi-rigid and rigid).. Transformation [1] is suitable for Motorways and Primary roads. Transformation [2] is suitable for Secondary roads.				
4. Range and Sensitivity of Transfer functions					
	Very Good		→	Very Poor	
Macro-texture, PI_T	0 to 1	1 to 2	2 to 3	3 to 4	4 to 5
MPD(mm/m) Transformation [1]	1.25-1.06	1.6-0.87	0.87-0.68	0.68-0.49	0.49-0.30
MPD(mm/m) Transformation [2]	1.01-0.87	0.87-0.72	0.72-0.58	0.58-0.43	0.43-0.29

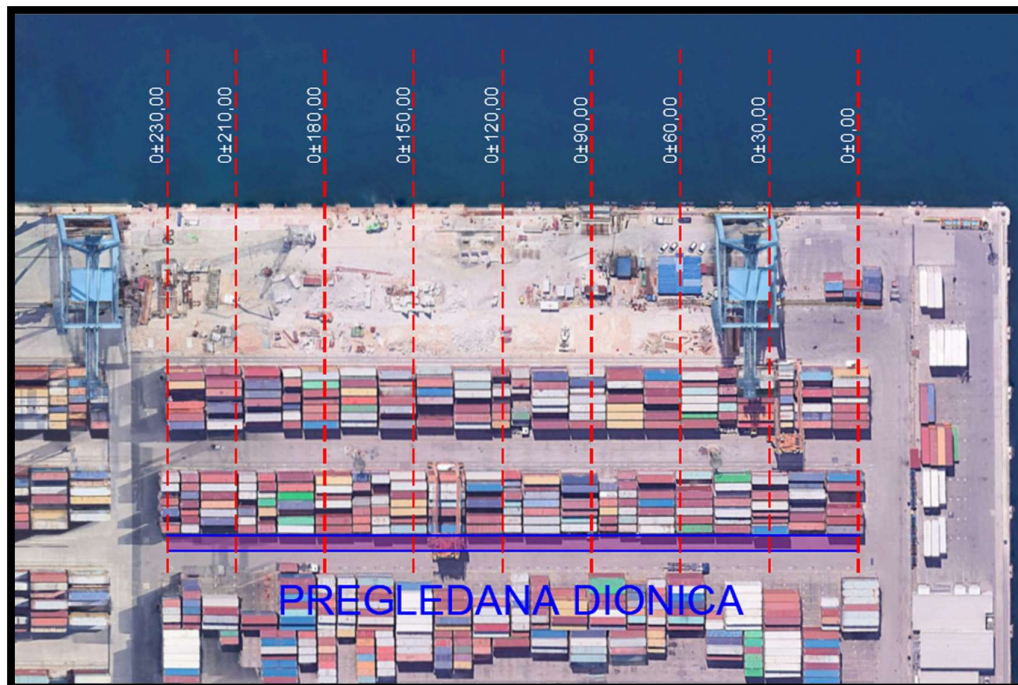
## 9.2. Pregled snimljenih podataka i ocjena stanja

### 9.2.1. Pregled podataka prikupljenih snimanjem sustavom Hawkeye 2000

Podatci snimljeni sustavom Hawkeye 2000 jesu:

- ravnost (IRI – International Roughness Index),
- kolotrazi (RD – Rut Depth),
- makrotekstura (MPD – Mean Profile Depth).

Sustavom je snimljena dionica u ukupnoj dužini od 230 metara. Dionica je podijeljena na osam (8) manjih dionica dužine 30 metara. Podaci su snimani kontinuirano, a obrađeni su na način da su izračunate prosječne vrijednosti na svakih 10 m. Zatim je za te podatke izračunata srednja vrijednost. Dobivene srednje vrijednosti usporedili smo vrijednostima parametara prikazanih u Tablicama 1., 2. i 3. te na osnovu toga ocijenili stanje kolne konstrukcije kontejnerskog terminala Brajdica. Na sljedećoj slici prikazana je pregledana dionica kolnika terminala smještena uz skladišno polje A03. Ova dionica je analizirana kako bi se ocijenilo njezino stanje i identificirali specifični problemi.



Slika 6. Pregledana dionica dužine 230 metara

Tablica 4. Prikaz podataka snimljenih sustavom Hawkeye 2000

Stacionaža (km)	MPD Macrotexture Right	MPD Macrotexture Left	MPD Macrotexture Centre	Stacionaža (km)	IRI Right	IRI Left	IRI Avg	Stacionaža (km)	Rut Right	Rut Left	Rut Lane
0,01	0,92	0,746	0,605	0,01	0	0	0	0,01	4,676	9,27	10,877
0,02	0,893	0,683	0,633	0,02	0	0	0	0,02	1,832	7,116	7,404
0,03	0,753	0,698	0,51	0,03	0	0	0	0,03	1,441	9,408	9,937
	<b>0,86</b>	<b>0,71</b>	<b>0,58</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		<b>2,65</b>	<b>8,60</b>	<b>9,41</b>
0,04	0,896	0,77	0,576	0,04	0	0	0	0,04	0,961	7,465	7,683
0,05	0,934	0,698	0,602	0,05	9,34	7,01	8,17	0,05	2,261	4,562	5,459
0,06	0,797	0,663	0,586	0,06	6,14	4,75	5,44	0,06	0,861	6,312	6,641
	<b>0,88</b>	<b>0,71</b>	<b>0,59</b>		<b>5,16</b>	<b>3,9</b>	<b>4,54</b>		<b>1,36</b>	<b>6,11</b>	<b>6,59</b>
0,07	0,858	0,626	0,543	0,07	6,26	5,99	6,12	0,07	1,405	10,22	10,403
0,08	0,804	0,681	0,521	0,08	6,53	5,8	6,17	0,08	1,064	13,633	13,727
0,09	0,731	0,604	0,579	0,09	8,3	6,56	7,43	0,09	1,537	7,318	7,398
	<b>0,8</b>	<b>0,64</b>	<b>0,55</b>		<b>7,03</b>	<b>6,1</b>	<b>6,57</b>		<b>1,34</b>	<b>10,39</b>	<b>10,51</b>
0,1	0,817	0,647	0,657	0,1	7,16	6,53	6,84	0,1	3,843	3,318	5,108
0,11	0,853	0,83	0,674	0,11	4,39	4,83	4,61	0,11	0,723	12,797	12,797
0,12	1,166	0,675	0,627	0,12	11,81	6,88	9,34	0,12	2,027	16,246	16,246
	<b>0,95</b>	<b>0,72</b>	<b>0,65</b>		<b>7,79</b>	<b>6,1</b>	<b>6,93</b>		<b>2,20</b>	<b>10,79</b>	<b>11,38</b>
0,13	1,052	0,859	0,761	0,13	13,17	7,44	10,3	0,13	2,743	18,059	18,74
0,14	0,77	0,635	0,681	0,14	11,26	6,95	9,1	0,14	2,037	13,112	13,112
0,15	0,757	0,616	0,708	0,15	8,32	4,55	6,44	0,15	5,878	7,699	8,928
	<b>0,86</b>	<b>0,7</b>	<b>0,72</b>		<b>10,9</b>	<b>6,3</b>	<b>8,61</b>		<b>3,55</b>	<b>12,96</b>	<b>13,59</b>
0,16	0,864	0,649	0,751	0,16	14,63	7,35	10,99	0,16	9,766	4,008	9,86
0,17	0,824	0,567	0,624	0,17	11,29	4,97	8,13	0,17	4,803	6,682	8,518
0,18	0,942	0,649	0,762	0,18	14,61	6,39	10,5	0,18	2,543	8,125	9,556
	<b>0,88</b>	<b>0,62</b>	<b>0,71</b>		<b>13,5</b>	<b>6,2</b>	<b>9,87</b>		<b>5,70</b>	<b>6,27</b>	<b>9,31</b>
0,19	0,827	0,648	0,618	0,19	8,9	7,63	8,27	0,19	0,887	9,829	9,886
0,2	0,864	0,681	0,718	0,2	6,04	5,09	5,56	0,2	0,795	11,502	11,514
0,21	0,674	0,616	0,657	0,21	6,32	4,73	5,52	0,21	0,405	14,138	14,138
	<b>0,79</b>	<b>0,65</b>	<b>0,66</b>		<b>7,09</b>	<b>5,8</b>	<b>6,45</b>		<b>0,70</b>	<b>11,82</b>	<b>11,85</b>
0,22	0,592	0,808	0,528	0,22	5,79	7,55	6,67	0,22	0,131	19,086	19,086
0,23	0,822	0,805	0,662	0,23	6,14	8,53	7,34	0,23	0,271	12,239	12,239
0,233	0,774	0,698	0,705	0,233	0	0	0	0,233	1,413	8,823	8,971
	<b>0,73</b>	<b>0,77</b>	<b>0,63</b>		<b>3,98</b>	<b>5,4</b>	<b>4,67</b>		<b>0,61</b>	<b>13,38</b>	<b>13,43</b>

Rezultati analize stanja snimljene dionice kolnika prikazani su u tablicama 5., 6. i 7., a ocjena stanja vrši se prema kategorijama. Tablice prikazuju ocjene za različite segmente dionice, što omogućuje brzu identifikaciju područja s različitim razinama oštećenja. Kategorije su definirane na temelju analiziranih parametara. Svaki segment dionice dobio je odgovarajuću ocjenu koja odražava trenutno stanje i potrebu za održavanjem.

Također, rezultati analize stanja snimljene dionice kolnika prikazani su i na slikama 8., 9. i 10.. Slike prikazuju izmjerene vrijednosti parametara u obliku linija koje prikazuju promjene kroz različite točke stacionaže. Linije predstavljaju konkretne mjere parametara na različitim lokacijama duž dionice kolnika. Uz izmjerene vrijednosti, na slici su označene granične vrijednosti koje služe kao referentni okviri za usporedbu. Ove granične vrijednosti označavaju gornje i donje granice prihvatljivih parametara, pomažući u identifikaciji područja koja prelaze te granice i time zahtijevaju posebnu pažnju ili intervenciju.

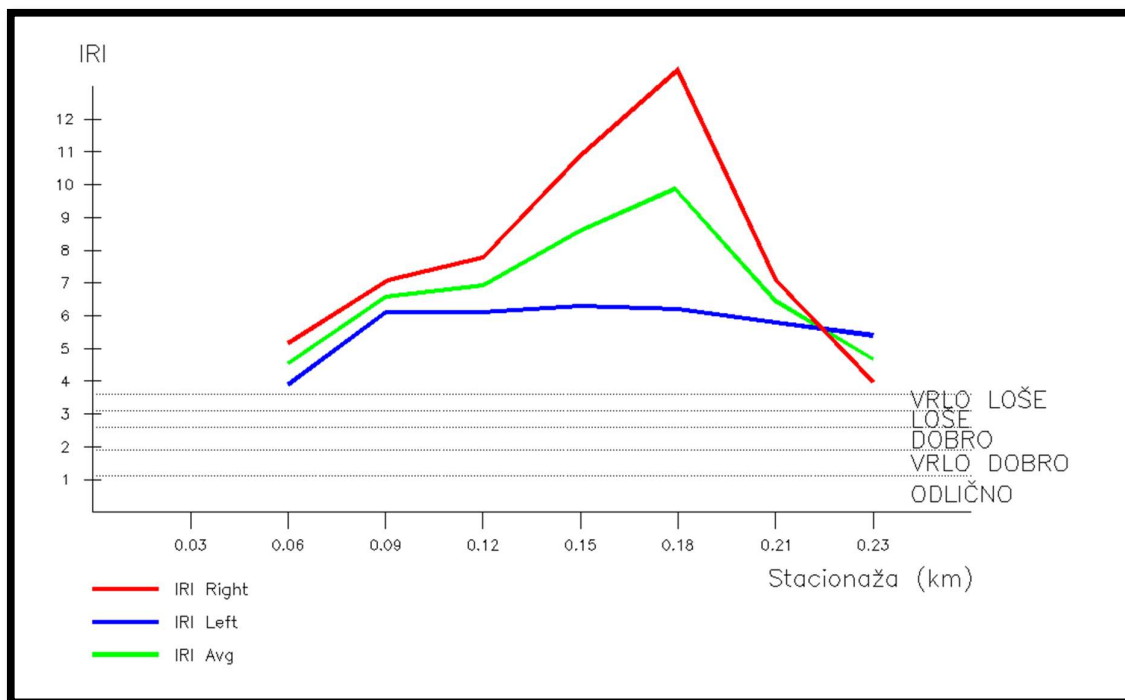
Tablica 5. Ocjena stanja snimljene dionice – IRI

Vrijednosti parametra IRI iz Tablice 1. [14]

Range and Sensitivity of Transfer functions

RAVNOST	ODLIČNO	VRLO DOBRO	DOBRO	LOŠE	VRLO LOŠE
Longitudinal Evenness PI_E	0 do 1	1 do 2	2 do 3	3 do 4	4 do 5
IRI (mm/m) Transformation [1]	0.0 - 1.1	1.1 - 1.9	1.9 - 2.6	2.6 - 3.2	3.2 - 3.7

Stacionaža		Parametar	OCJENA	Parametar	OCJENA	Parametar	OCJENA
(m')		IRI Right	STANJA	IRI Left	STANJA	IRI Avg	STANJA
od	do	(mm/m)		(mm/m)		(mm/m)	
0±0,00	0±0,30	0,00	-	0,00	-	0,00	-
0±0,30	0±0,60	5,16	VRLO LOŠE	3,90	VRLO LOŠE	4,54	VRLO LOŠE
0±0,60	0±0,90	7,03	VRLO LOŠE	6,10	VRLO LOŠE	6,57	VRLO LOŠE
0±0,90	0±0,120	7,79	VRLO LOŠE	6,10	VRLO LOŠE	6,93	VRLO LOŠE
0±0,120	0±0,150	10,90	VRLO LOŠE	6,30	VRLO LOŠE	8,61	VRLO LOŠE
0±0,150	0±0,180	13,50	VRLO LOŠE	6,20	VRLO LOŠE	9,87	VRLO LOŠE
0±0,180	0±0,210	7,09	VRLO LOŠE	5,80	VRLO LOŠE	6,45	VRLO LOŠE
0±0,210	0±0,230	3,98	VRLO LOŠE	5,40	VRLO LOŠE	4,67	VRLO LOŠE



Slika 8. Izmjerene vrijednosti IRI u odnosu na predložene parametre



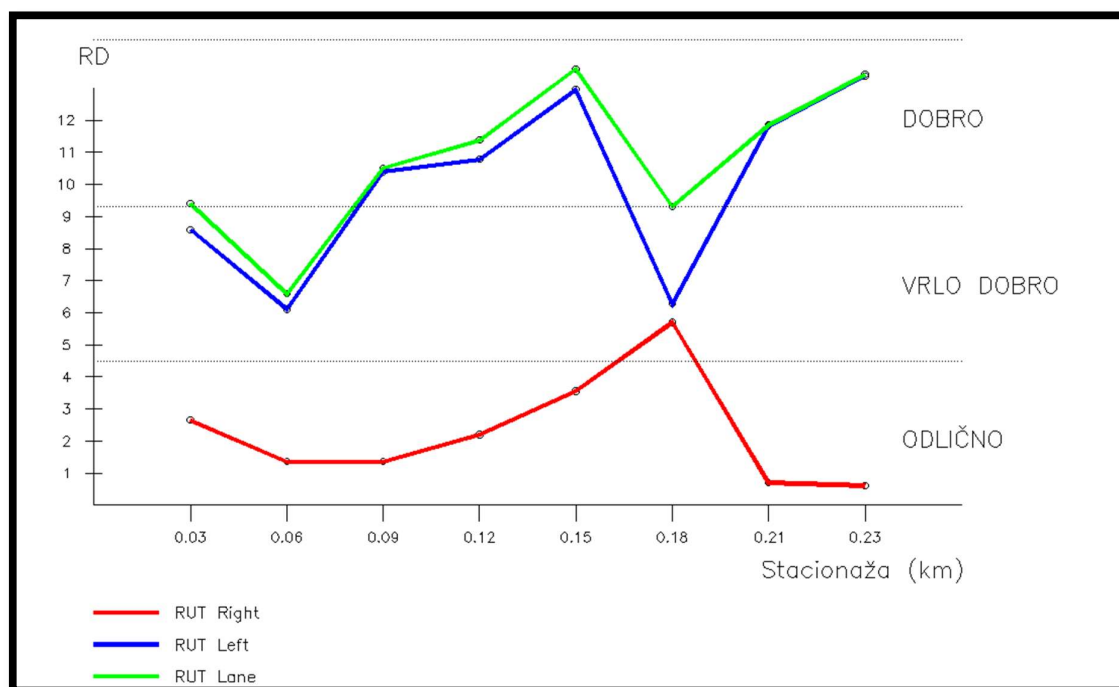
Tablica 6. Ocjena stanja snimljene dionice – RUT

**Vrijednosti parametra RUT iz Tablice 2. [14]**

*Range and Sensitivity of Transfer functions*

KOLOTRAZI	ODLIČNO	VRLO DOBRO	DOBRO	LOŠE	VRLO LOŠE
Transverse Evenness PI_R	0 do 1	1 do 2	2 do 3	3 do 4	4 do 5
RD (mm/m) Transformation [2]	0.0 - 4.5	4.5 - 9.3	9.3 - 14.5	14.5 - 20.1	20.1 - 26.4

Stacionaža		Parametar	OCJENA	Parametar	OCJENA	Parametar	OCJENA
(m)		RUT Right	STANJA	RUT Left	STANJA	RUT Lane	STANJA
od	do	(mm/m)		(mm/m)		(mm/m)	
0±0,00	0±0,30	2,65	ODLIČNO	8,60	VRO DOBRO	9,41	DOBRO
0±0,30	0±0,60	1,36	ODLIČNO	6,11	VRO DOBRO	6,59	VRLO DOBRO
0±0,60	0±0,90	1,34	ODLIČNO	10,39	DOBRO	10,51	DOBRO
0±0,90	0±0,120	2,20	ODLIČNO	10,79	DOBRO	11,38	DOBRO
0±0,120	0±0,150	3,55	ODLIČNO	12,96	DOBRO	13,59	DOBRO
0±0,150	0±0,180	5,70	VRLO DOBRO	6,27	VRO DOBRO	9,31	DOBRO
0±0,180	0±0,210	0,70	ODLIČNO	11,82	DOBRO	11,85	DOBRO
0±0,210	0±0,230	0,61	ODLIČNO	13,38	DOBRO	13,43	DOBRO



Slika 9. Izmjerene vrijednosti RUT u odnosu na predložene parametre

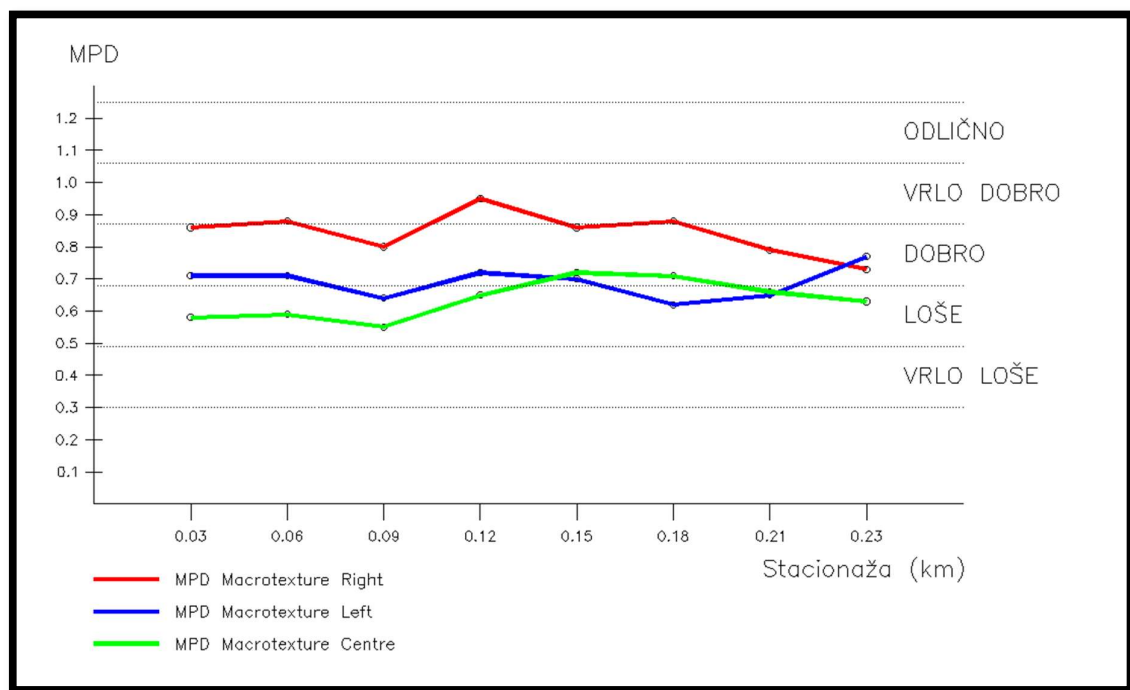
Tablica 7. Ocjena stanja snimljene dionice – MPD

**Vrijednosti parametra MPD iz Tablice 3. [14]**

*Range and Sensitivity of Transfer functions*

	ODLIČNO	VRLO DOBRO	DOBRO	LOŠE	VRLO LOŠE
Macro-texture PI T	0 do 1	1 do 2	2 do 3	3 do 4	4 do 5
MPD (mm/m) Transformation [1]	1,25 - 1.06	1.6 - 0.87	0.87 - 0.68	0.68 - 0.49	0.49 - 0.30

Stacionaža (m)		Parametar MPD Right (mm/m)	OCJENA STANJA	Parametar MPD Left (mm/m)	OCJENA STANJA	Parametar MPD Centre (mm/m)	OCJENA STANJA
od	do						
0±0,00	0±0,30	0,86	DOBRO	0,71	DOBRO	0,58	LOŠE
0±0,30	0±0,60	0,88	VRLO DOBRO	0,71	DOBRO	0,59	LOŠE
0±0,60	0±0,90	0,80	DOBRO	0,64	LOŠE	0,55	LOŠE
0±0,90	0±0,120	0,95	VRLO DOBRO	0,72	DOBRO	0,65	LOŠE
0±0,120	0±0,150	0,86	DOBRO	0,70	DOBRO	0,72	DOBRO
0±0,150	0±0,180	0,88	VRLO DOBRO	0,62	LOŠE	0,71	DOBRO
0±0,180	0±0,210	0,79	DOBRO	0,65	LOŠE	0,66	LOŠE
0±0,210	0±0,230	0,73	DOBRO	0,77	DOBRO	0,63	LOŠE



Slika 10. Izmjerene vrijednosti MPD u odnosu na predložene parametre

### 9.2.2. Pregled podataka prikupljenih vizualnim pregledom ophodnjom (pješice)

Vizualni pregled ophodnjom (pješice) napravljen je prema Uputstvu za vizualni pregled kolnika državnih cesta (Prilog 1.). Izborom vrsta oštećenja obuhvaćenih pregledom ophodnjom nastojalo se registrirati što veći broj oštećenja u cilju dobivanja što vjernije slike stvarnog stanja kolnika. Međutim, sukladno Uputstvu, kako bi se pregled mogao što učinkovitije provesti, reduciran je broj vrsta oštećenja. Oštećenja koja se detektiraju mjernim uređajima, kao npr. Oštećenja teksture površine (Zaglađena površina, Trošenje) i Deformacije površine (Valovanje, Kolotraženje), te oštećenja koja se vizualnim pregledom ne mogu efikasno uočavati, kao npr. Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja, nisu predmet ovog vizualnog pregleda. Također, strukturiranjem srodnih vrsta oštećenja u istu grupu oštećenja (kao npr. Oštećenja završnog sloja i Mrežaste pukotine) reduciran je broj vrsta oštećenja.

Oštećenja obuhvaćena vizualnim pregledom svrstana su u dvije grupe:

- Deformacije površine: Kolotraženje (samo u vidu utvrđivanja opsega deformacije u m'), i Lokalna uleknuća, te
- Pukotine: Mrežaste pukotine (sadrži Mrežaste pukotine i Pukotine u tragovima kotača), i Uzdužne pukotine (sadrži Uzdužne pukotine i Otvorene radne spojeve).

Tablica 8. Parametri za određivanje stupnja oštećenja – Deformacije površine

<b>KOLOTRAŽENJE</b>	
Stupanj deformacije:	Registrira se mjerenjem odgovarajućim uređajem
Opseg deformacije:	Određuje se u m'
<b>LOKALNA ULEKNUĆA</b>	
Stupanj deformacije:	<b>NIZAK - S1:</b> deformacije dubine do 30 mm, bez pojave rubnih i/ili mrežastih pukotina, ne utječu na odvodnju kolnika; <b>UMJEREN - S2:</b> deformacije dubine 30-60 mm, pojava rubnih i/ili mrežastih pukotina unutar deformirane površine, moguć mali utjecaj na odvodnju kolnika; <b>VISOK - S3:</b> deformacije dubine preko 60 mm, pojava rubnih i/ili mrežastih pukotina unutar i izvan deformirane površine, značajan utjecaj na odvodnju kolnika
Opseg deformacije:	Procjena zahvaćene površine u m <sup>2</sup>

Tablica 9. Parametri za određivanje stupnja oštećenja – Pukotine

<b>MREŽASTE PUKOTINE</b>	
Stupanj oštećenja:	<p><b>NIZAK:</b> nekoliko uskih međusobno povezanih pukotina koje tvore površinu razdijeljenu u poligone, pukotine nisu zapunjene, nema odlamanja niti pumpanja vode kroz pukotine;</p> <p><b>UMJEREN:</b> šire međusobno povezane pukotine koje tvore mrežu, početak odlamanja na rubovima pukotina, pukotine mogu biti zapunjene, nema pumpanja vode kroz pukotine;</p> <p><b>VISOK:</b> široke međusobno povezane pukotine, umjereno do jako odlamanje rubova, poligonalni komadi dijelom slobodni i pomični pod opterećenjem od prometa, pukotine mogu biti zapunjene, moguća pojava pumpanja vode</p>
Opseg oštećenja:	Procjena zahvaćene površine u m <sup>2</sup>
<b>UZDUŽNE PUKOTINE</b>	
Stupanj oštećenja:	<p><b>NIZAK:</b> pukotine prosječne širine &lt; 6 mm, ili zapunjene pukotine u dobrom stanju;</p> <p><b>UMJEREN:</b> pukotine prosječne širine 6 – 19 mm ili bilo koja pukotina širine &lt; 19 mm sa sekundarnim paralelnim pukotinama niskog stupnja oštećenja;</p> <p><b>VISOK:</b> pukotine prosječne širine &gt; 19 mm sa sekundarnim paralelnim pukotinama srednjeg ili visokog oštećenja</p>
Opseg oštećenja:	Procjena opsega oštećenja u m'

Kao moguće uzroke nastanka oštećenja obuhvaćenih vizualnim pregledom možemo navesti sljedeće:

- nedovoljna nosivost sloja od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala ili posteljice; trošenje habajućeg sloja pod djelovanjem prometa; lokalni umor materijala ili podloge; umor materijala asfaltnog sloja uzrokovanog ponavljajućim prometnim opterećenjem; loša odvodnja kolnika i/ili posteljice; starenje veziva u kombinaciji s pretankim habajućim slojem; nejednolika nosivost pojedinih slojeva ili kolničke konstrukcije u cjelini; prekomjerne deformacije površine kolnika pod djelovanjem teških teretnih vozila.

Tablica 10. Ocjena stanja pregledane dionice – vizualni pregled

Stacionaža (m')		Deformacije površine	STUPANJ DEFORMACIJE	Pukotine	STUPANJ DEFORMACIJE
		Kolotražnje (m')		Mrežaste (m <sup>2</sup> )	
od	do				
0±0,00	0±0,30	30,00	Registrira se mjeranjem odgovarajućim uređajem	2,00	NIZAK
0±0,30	0±0,60	22,00		8,00	NIZAK
0±0,60	0±0,90	18,00		4,00	NIZAK
0±0,90	0±0,120	12,00		2,00	NIZAK
0±0,120	0±0,150	26,00		2,00	NIZAK
0±0,150	0±0,180	8,00		1,00	NIZAK
0±0,180	0±0,210	30,00		2,00	NIZAK
0±0,210	0±0,230	10,00		1,00	NIZAK
Stacionaža (m')		Lokalna uleknuća	STUPANJ DEFORMACIJE	Uzdužne	STUPANJ DEFORMACIJE
		(m <sup>2</sup> )		(m')	
od	do				
0±0,00	0±0,30	2,00	S2	30,00	UMJEREN
0±0,30	0±0,60	6,00	S2	30,00	VISOK
0±0,60	0±0,90	4,00	S2	30,00	NIZAK
0±0,90	0±0,120	2,00	S2	30,00	NIZAK
0±0,120	0±0,150	2,00	S2	30,00	UMJEREN
0±0,150	0±0,180	1,00	S2	30,00	NIZAK
0±0,180	0±0,210	2,00	S2	30,00	NIZAK
0±0,210	0±0,230	1,00	S2	20,00	NIZAK

Ukupna dužina pregledane dionice iznosi 230,00 m. Širina dionice iznosi 3,50 m. Ukupna pregledana površina je 805,00 m<sup>2</sup>.

Iz Tablice 10. vidljivo je sljedeće:

- ukupna dužina kolotruga na pregledanoj dionici iznosi 156 m (stupanj deformacije registriran je snimanjem sustavom Hawkeye 2000),
- lokalna uleknuća pokrivaju površinu od 20 m<sup>2</sup> ( 2,5% ukupne površine), stupanj deformacije je **UMJEREN - S2** (deformacije dubine 30-60 mm, pojava rubnih i/ili mrežastih pukotina unutar deformirane površine),
- mrežaste pukotine pokrivaju površinu od 22 m<sup>2</sup> ( 2,7% ukupne površine, pojavljuju se uglavnom na lokacijama lokalnih uleknuća), stupanj deformacije je **NIZAK**: nekoliko uskih međusobno povezanih pukotina koje tvore površinu razdijeljenu u poligone

- uzdužne pukotine **NISKOG** do **UMJERENOG** stupnja deformacije pojavljuju se cijelom dužinom pregledane dionice.

Uzdužne pukotine najvjerojatnije se javljaju kao posljedica nejednolikog sastava kolničke konstrukcije. Pregledana dionica nalazi se uz trasu kojom prometuje RTG, a slojevi konstrukcije trase RTG-a sastoje se od armirano-betonske temeljne grede okvirnih dimenzija 1,5 x 1,0 m (š x d) i sloja asfalt betona AC 16 surf BIT 50/70 AG1 M4, dok je kolna konstrukcija pregledane dionice izvedena u tri sloja (Habajući sloj asfalt betona AC 16 surf BIT 50/70 AG1 M4, nosivi sloj bitumeniziranog kamenog materijala AC 32 base BIT 50/70 AG6 M1, nosivi sloj od nevezanog kamenog materijala MNS  $\emptyset$  0/63 mm).

Prilikom vizualnog pregleda na svakoj stacionaži snimljena je fotografija iz koje se vide navedena oštećenja.



Slika 11. Stacionaža 0±0,00





Slika 12. Stacionaža 0±0,30

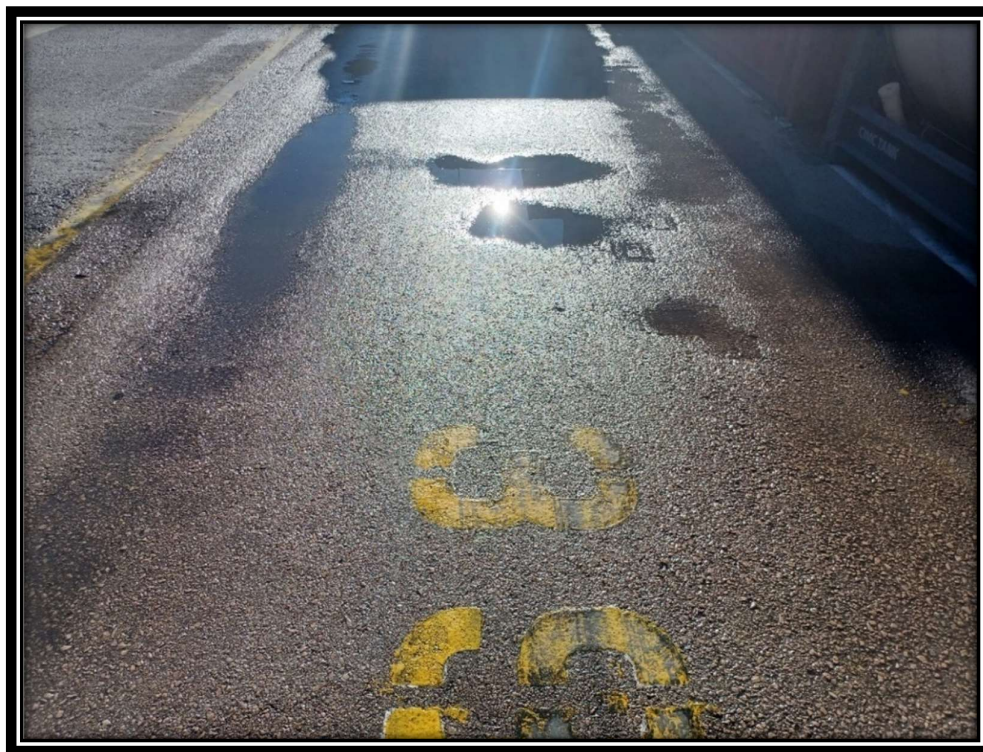


Slika 13. Stacionaža 0±0,60





Slika 14. Stacionaža 0±0,90



Slika 15. Stacionaža 0±0,120





Slika 16. Stacionaža 0±0,150



Slika 17. Stacionaža 0±0,180





Slika 18. Stacionaža 0±0,210



Slika 19. Stacionaža 0±0,230

Unatoč dobivenim rezultatima, kako je ranije navedeno, kolnici terminala rade s razinama odvajanja, kolotrazima, pukotinama i hrapavosti koji bi bili neprihvatljivi na kolnicima cesta ili aerodroma, a nemaju učinak na rad terminala.

Uzmemo li u obzir smjernice za projektiranje kolničkih površina luka i kontejnerskih terminala možemo zaključiti sljedeće:

- snimljena dionica ne nalazi se u površini kolnika unutar skladišnih površina gdje slijeganje može dovesti do izvijanja kontejnera,
- snimljena dionica ne nalazi se u površini kolnika unutar kojeg bi uzrokovala naglu promjenu visine razine naspram krute strukture poprečno na smjer vožnje,
- na snimljenoj dionici ne izvode se operacije koje bi utjecale na stabilnost tereta koji nosi oprema za rukovanje kontejnerima (reach stacker),
- za kolnike terminala očekivana je određena razina kolotruga, i uobičajeno je da oni budu dubine veće od 50 mm, što nužno ne mora utjecati na upotrebljivost.

## 10. ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad pruža analizu stanja kolničke konstrukcije kontejnerskog terminala Brajdica, koristeći napredne metode prikupljanja podataka i vizualni pregled. Glavni cilj istraživanja bio je procijeniti trenutnu kvalitetu kolnika i identificirati ključne probleme koji mogu utjecati na sigurnost i udobnost.

Analiza korištenjem sustava Hawkeye 2000, koji uključuje digitalnu kameru, lasersko profiliranje i GPS tehnologiju, omogućila je precizno mjerenje ključnih pokazatelja učinkovitosti kolnika: makrotekture (MPD), uzdužnog profila (IRI) i poprečnog profila (RUT). Rezultati su pokazali da postoje značajni nedostaci što ukazuje na potrebu za intervencijama kako bi se poboljšali uvjeti kolnika. Iako su ovi problemi značajni, specifični radni uvjeti kontejnerskog terminala mogu umanjiti njihov utjecaj na funkcionalnost terminala. Dodatni uvidi dobiveni iz vizualnog pregleda omogućili su detaljno identificiranje različitih vrsta oštećenja. Ovi nalazi su dopunili tehničke podatke iz Hawkeye 2000, pružajući širu sliku o stanju kolnika.

Istraživanje je pokazalo da, unatoč postojećim problemima, kolnici terminala još uvijek mogu funkcionirati u okviru svojih specifičnih radnih uvjeta. Iako su određeni pokazatelji učinkovitosti ispod prihvaćenih standarda, uvjeti na terminalu omogućuju rad unatoč tim nedostacima. Preporuke proizašle iz ove analize uključuju:

1. **Poboljšanje održavanja:** Redovito praćenje i pravovremeno interveniranje na identificiranim problemima, posebno na područjima s visokim stupnjem oštećenja.
2. **Sanacija oštećenja:** Planiranje i provedba radova na popravku oštećenja poput dubokih kolotruga i pukotina kako bi se poboljšala udobnost i sigurnost.
3. **Dugoročno planiranje:** Razvijanje strategija za dugoročno održavanje kolnika koje uzimaju u obzir specifične radne uvjete kontejnerskog terminala.

Zaključno, ovaj rad doprinosi boljem razumijevanju specifičnih problema povezanih s kolnicima kontejnerskih terminala i pruža smjernice za njihovo učinkovito upravljanje. Rezultati analize i preporuke predstavljaju osnovu za buduće istraživanje i unapređenje infrastrukture, s ciljem osiguravanja dugoročne funkcionalnosti i sigurnosti cestovnih kolnika na terminalima.

## 11. LITERATURA I IZVORI

[1] Aakash Gupta, Department of Civil Engineering, Jaypee University of Information Technology, Solan, H.P. India : Road Asset Management Using Pavement Performance Prediction Models; Jour of Adv Research in Dynamical Control Systems, Vol. 10, 12-Special Issue, 2018; Pribavljeno 26.06.2024., sa

[https://www.researchgate.net/publication/349366610\\_Road\\_Asset\\_Management\\_Using\\_Pavement\\_Performance\\_Prediction\\_Models](https://www.researchgate.net/publication/349366610_Road_Asset_Management_Using_Pavement_Performance_Prediction_Models)

[2] Dundović Č., Hlača B.: New concept of the container terminal in the port of Rijeka, Pomorstvo, god. 21, br.2 (2007), str. 51-68

[3] Sullivan B., Leader B., Kartsounis M., Denneman E., Lau B, Prasad A., Van Wijk I., Patrick K.: AfPA A Guide to the Structural Design of Flexible Pavements for Ports and Container Terminals ( ožujak 2021.); Pribavljeno 03.06.2024., sa

[\(PDF\) AfPA Guide to the Structural Design of Flexible Pavements for Ports and Container Terminals \(Mar 21\) \(researchgate.net\)](#)

[4] Svjetska banka, Analitička podloga za Nacionalnu razvojnu strategiju Republike Hrvatske do 2030., Sektor prometa (srpanj 2019.); Pribavljeno 26.06.2024., sa

<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/845861604615369283-0080022020/original/16Sektorprometa.pdf>

[5] Sršen. M. i Simović V. (ur). (2000). Građevni godišnjak 2000: Održavanje cesta. Zagreb: Hrvatski savez građevinskih inženjera.

[6] Wikipedia, (2024.), [Internet], < pribavljeno 11.04.2024., sa

[https://bs.wikipedia.org/wiki/Rijeka\\_\(grad\)](https://bs.wikipedia.org/wiki/Rijeka_(grad))

[7] Karta: Just another Karta site, (2024.), [Internet], < pribavljeno 22.07.2024. sa

<https://orthopediewestbrabant.nl/karta-rijeka-hrvatske/>

[8] AGCT, (2024), [Internet], < pribavljeno 11.04.2024. sa

<https://www.ictsi.hr/povijestagcta>

[9] Glavni projekt: Projekt kranskih staza i skladišno-manipulativnih površina kontejnerskog terminala Brajdica, OP: GP-Faza 1.a.-A.1.-GR, br. projekta: 07-031 izrađen od Rijekaprojekt d.o.o., ul. M. Albaharija 10a, Rijeka, 2014.

[10] AGCT, (2013), Interni dokument, neobjavljeno.

[11] Tehnički propis za asfaltne kolnike, NN 48/2021 (5.5.2021.), [Internet], < pribavljeno 23.07.2024., sa

[https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021\\_05\\_48\\_977.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_05_48_977.html)

[12] Marević M., Ištoka Otković I., Zakonski okviri i planiranje gospodarenja cestama, Broj 4, godina 2012., str. 83-89

[13] Hawkeye 2000 General Specification. (2021.), [Internet], pribavljeno 03.07.2024. sa

<https://www.geopaveco.com/cms-uploads/2021/09/H2000-General-Specification-020921.pdf>

[14] FSV – Austrian Transportation Research Association, The way forward for pavement performance indicators across Europe, COST Action 354 – Performance Indicators for Road Pavements, July 2008, ISBN 978-3-200-01238-7, Printe din Austria

## **12. POPIS PRILOGA**

Prilog 1. Katalog oštećenja asfaltnih kolnika

Prilog 2. Uputstvo za vizualni pregled kolnika državnih cesta





Hrvatske ceste d.o.o.  
za upravljanje, građenje  
i održavanje državnih cesta

# katalog oštećenja asfaltnih kolnika



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET  
ZAVOD ZA PROMETNICE



Hrvatske ceste d.o.o.  
za upravljanje, građenje  
i održavanje državnih cesta

# katalog oštećenja asfaltnih kolnika

## Naručitelj

Hrvatske ceste d.o.o.  
za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta  
Vončinina 3, Zagreb

## Izvršitelj

Građevinski fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za prometnice  
Kačićeva 26, Zagreb

## Izradili:

Doc. dr. sc. Vesna Dragčević, dipl. ing. građ.  
Prof. dr. sc. Željko Korlaet, dipl. ing. građ.  
Doc. dr. sc. Tatjana Rukavina, dipl. ing. građ.

## Crteži:

Tomislav Majdančić

## Grafičko oblikovanje i prijelom:

Matej Korlaet

Zagreb, travanj 2004.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET  
ZAVOD ZA PROMETNICE



# Sadržaj

Predgovor . . . . .	5
<b>1. Oštećenja teksture površine . . . . .</b>	<b>6</b>
1.1. Zaglađena (polirana) površina . . . . .	6
1.2. Izbijanje bitumenskog veziva . . . . .	8
1.3. Trošenje . . . . .	10
<b>2. Oštećenja završnog sloja . . . . .</b>	<b>12</b>
2.1. Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja. . . . .	12
2.2. Udarne rupe / zakrpe . . . . .	14
<b>3. Deformacije površine . . . . .</b>	<b>16</b>
3.1. Valovanje . . . . .	16
3.2. Boranje . . . . .	18
3.3. Kolotraženje. . . . .	20
3.4. Klizanje . . . . .	22
3.5. Bočno istiskivanje. . . . .	24
3.6. Lokalna uleknuća . . . . .	26
3.7. Slijeganje ruba kolnika . . . . .	28
3.8. Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja. . . . .	30
<b>4. Pukotine . . . . .</b>	<b>32</b>
4.1. Mrežaste pukotine. . . . .	32
4.2. Uzdužne pukotine . . . . .	34
4.3. Poprečne pukotine. . . . .	36
4.4. Pukotine u tragovima kotača . . . . .	38
4.5. Otvoreni radni spojevi. . . . .	40
4.6. Pukotine uslijed slijeganja . . . . .	42
4.7. Pukotine uz rub kolnika . . . . .	44
<b>5. Popravci. . . . .</b>	<b>46</b>



# Predgovor

Sistematično održavanje kolnika važan je dio smišljenog gospodarskog planiranja održavanja čitave cestovne mreže. Osnovni uvjet za pravovremeno poduzimanje određenih mjera održavanja je uvid u stvarno stanje kolnika, što se postiže periodičkim terenskim i laboratorijskim ispitivanjima, mjerenjima i vizualnim pregledima oštećenja kolnika.

Za procjenu stanja kolnika pored objektivnih ispitivanja i mjerenja, vizualna ocjena stanja kolnika predstavlja nezamjenjiv podatak. Kategorizacija i opis vrsta oštećenja od primarne je važnosti za određivanje stanja kolnika, mogućih uzroka pojave oštećenja i odabira najprimjerenijih postupaka održavanja.

Analizom podataka prikupljenih vizualnim pregledom kolnika provedenog od strane ekipe Hrvatskih cesta 2002. godine, ustanovljena je nužnost povećanja njihove kvalitete, uniformnosti i jednoznačnosti. Stoga je, u skladu s iskustvima drugih zemalja, na inicijativu Hrvatskih cesta d.o.o. za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta, u Zavodu za prometnice Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, načinjen ovaj Katalog oštećenja asfaltnih kolnika. Katalog služi jednoznačnom i uniformnom prepoznavanju različitih vrsta oštećenja/nedostataka na kolniku, kao nužan preduvjet za kvalitetno i ujednačeno prikupljanje podataka, što će u konačnici opravdati uloženo vrijeme i sredstva u vizualne ocjene stanja kolnika državnih cesta.

Katalogom su obuhvaćena karakteristična oštećenja koja se javljaju na asfaltnim kolnicima. Za svaku vrstu oštećenja u ovom katalogu naveden je opis oštećenja, mogući uzroci oštećenja, predvidivo napredovanje oštećenja, način procjene stupnja i opsega oštećenja, a sva su oštećenja prikazana pripadajućim fotografijama.

Katalog služi kao podloga za vizualni pregled i ocjenu stanja kolnika.

# 1.1. Zaglađena (polirana) površina

## Opis

Površina habajućeg sloja, posebno u tragovima kotača, glatka je i ulaštenog izgleda. Zrna kamene sitneži koja vire iznad površine bitumenskog morta su glatka, potpuno zaobljena, bez oštrih bridova.

## Mogući uzroci

Zaglađena (polirana) površina nastaje uslijed:

- gubitka mikroteksture kao posljedice nedovoljne otpornosti kamene sitneži na trošenje /habanje/ i zaglađivanje uslijed djelovanja prometa
- gubitka makroteksture površine kolnika kao posljedice
  - ↳ nepravilnog odabira sastava asfaltne mješavine habajućeg sloja u odnosu na stvarno prometno opterećenje
  - ↳ nekvalitetne izvedbe habajućeg sloja (premala početna zbijenost uslijed čega dolazi do naknadnog zbijanja tog sloja pod djelovanjem prometa i utiskivanja krupnijih zrna kamenog skeleta u bitumenski mort)

## Predvidivo napredovanje

- napredovanje zaglađivanja do potpunog gubitka mikroteksture
- gubitak makroteksture zbog habanja i/ili utiskivanja zrna kamene sitneži do razine bitumenskog morta

## Stupanj oštećenja

Vizualna ocjena stupnja oštećenja nije moguća. Stupanj oštećenja određuje se odgovarajućim mjernim uređajem.

## Opseg oštećenja

Opseg oštećenja određuje se u [m<sup>2</sup>].

## Naputak

...

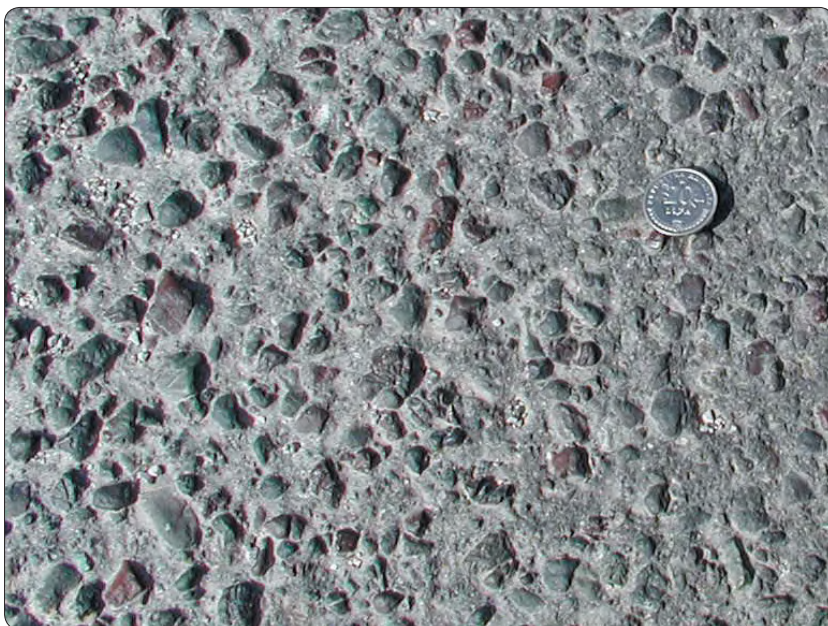




**Slika 1.1.1.**  
Detalj zaglađene (polirane) površine



**Slika 1.1.2.**  
Detalj zaglađene (polirane) površine



**Slika 1.1.3.**  
Detalj zaglađene (polirane) površine

## 1. Oštećenja teksture površine

6, 7



## 1.2. Izbijanje bitumenskog veziva

### Opis

Izbijanjem bitumenskog veziva na površinu kolnika zahvaćena površina postaje glatka, ulaštenog izgleda. U pravilu je tamnije boje od ostalog dijela kolnika. Učestalije se javlja u tragovima kotača nego na ostalim dijelovima površine kolnika.

### Mogući uzroci

- pogreške pri projektiranju sastava i proizvodnji asfaltne mješavine zbog prevelikog postotka udjela bitumenskog veziva
- pogreške pri izvedbi asfaltnog sloja
  - ↳ previsoka temperatura asfaltne mješavine pri zbijanju
  - ↳ podloga poprskana bitumenskom emulzijom ili vrućim bitumenom u količini većoj od potrebne
  - ↳ nepovoljni vremenski uvjeti pri izvedbi i ugradnji habajućeg sloja
- prerano puštanje u promet ugrađenog sloja, prije potpunog hlađenja.

### Predvidivo napredovanje

- pojačano izbijanje veznog sredstva,
- potpun gubitak makroteksture na zahvaćenoj površini uz smanjenje hvatljivosti

### Stupanj oštećenja

**S1:** mjestimična zatamnjenja površine kolnika

**S2:** međusobno povezana mjestimična zatamnjenja površine kolnika

**S3:** velike zatamnjene površine kolnika glatko-mokrog izgleda

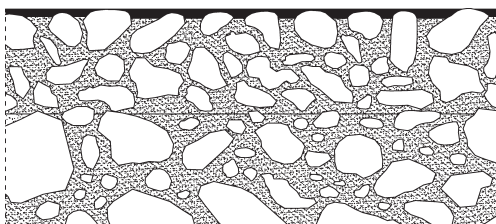
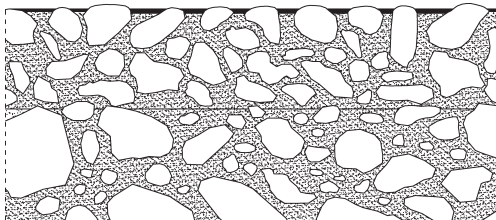
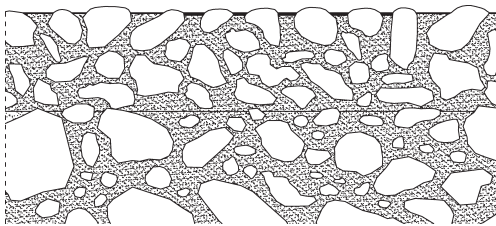
### Opseg oštećenja

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

...

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.





**Slika 1.2.1.**  
Izbijanje bitumenskog veziva u tragu kotača, S1



**Slika 1.2.2.**  
Izbijanje bitumenskog veziva u tragu kotača, S2



**Slika 1.2.3.**  
Jako izbijanje bitumenskog veziva, S3

8, 9



# 1.3. Trošenje

## Opis

Trošenje površine kolnika mehaničkim djelovanjem kotača vozila. Uslijed gubitka bitumenskog veziva trošenjem, površina kolnika se postupno razgrađuje uz ispadanje (odvajanje) zrna agregata. Površina kolnika postaje gruba, vrlo hrapava, s ogoljelim stršećim zrnima kamenog agregata.

## Mogući uzroci

- pogreške pri projektiranju sastava i proizvodnji asfaltne mješavine
  - ↳ pogrešna receptura mješavine (pretvrđi bitumen, premali udio sitnih zrna agregata)
  - ↳ nedovoljna obavijenost zrna kamene sitneži
  - ↳ upotreba nedovoljno otprašenog agregata - slaba prionljivosti veziva i zrna kamene sitneži
  - ↳ pregrijana mješavina
- pogreške pri izvedbi asfaltnog sloja
  - ↳ segregacija mješavine
  - ↳ nedovoljna zbijenost mješavine
  - ↳ ugradnja pri nepovoljnim vremenskim uvjetima
- krtost veznog sredstva zbog starenja

## Predvidivo napredovanje

- ispadanje zrna agregata pod utjecajem prometa
- postepeno nastajanje finih vlaknastih pukotina
- postepeno povećanje nastalih pukotina uz mogućnost pojave odvajanja/otkidanja habajućeg sloja i udarnih rupa

## Stupanj oštećenja

- S1:** početak trošenja bitumenskog veziva uz grub i hrapav izgled površine
- S2:** zamjetan gubitak bitumenskog veziva, ogoljela, stršeća zrna agregata uz pojedinačno ispadanje krupnijih zrna
- S3:** značajan gubitak bitumenskog veziva, razdrobljena gornja površina, početak otkidanja habajućeg sloja

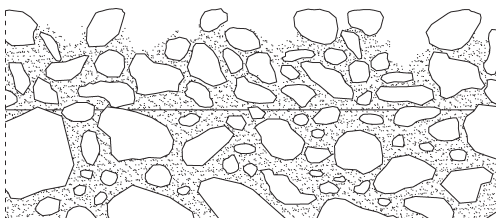
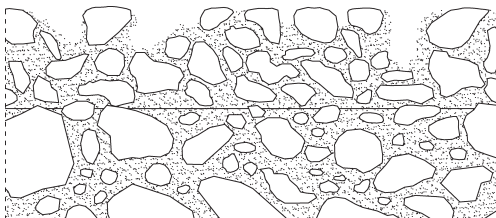
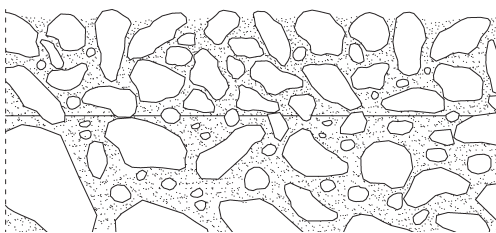
## Opseg oštećenja

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

## Naputak

...

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.







Slika 1.3.1.  
Trošenje, S1



Slika 1.3.2.  
Trošenje, S2



Slika 1.3.3.  
Trošenje, S3

## 2.1. Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja

### Opis

Mjestimično potpuno odvajanje habajućeg sloja uslijed nedovoljne povezanosti s donjim slojem pri čemu gornja površina tog sloja postaje jasno vidljiva.

### Mogući uzroci

- pogreške pri izvedbi asfaltnog sloja
  - ↳ nedovoljno očišćena površine podloge prije nanošenja završnog habajućeg sloja
  - ↳ podloga poprskana bitumenskom emulzijom ili vrućim bitumenom u količini manjoj od potrebne
  - ↳ prskanje podloge bitumenskom emulzijom neodgovarajuće PH vrijednosti ili bez odgovarajućih aditiva
  - ↳ nedovoljna debljina habajućeg sloja
- horizontalna naprezanja čije vrijednosti premašuju uobičajene
- razaranje veze između slojeva djelovanjem vode koja prodire kroz pokotine u habajućem sloju

### Predvidivo napredovanje

- brzo napredovanje oštećenja pri čemu dolazi do razaranja habajućeg sloja na većim površinama kolnika
- uslijed djelovanja prometnog opterećenja nastavlja se mehaničko razaranje asfaltnih slojeva do pojave udarnih rupa.

### Stupanj oštećenja

Stupanj oštećenja se ne utvrđuje.

### Opseg oštećenja

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

...





**Slika 2.1.1.**  
Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja



**Slika 2.1.2.**  
Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja



**Slika 2.1.3.**  
Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja

## 2.2. Udarne rupe / zakrpe

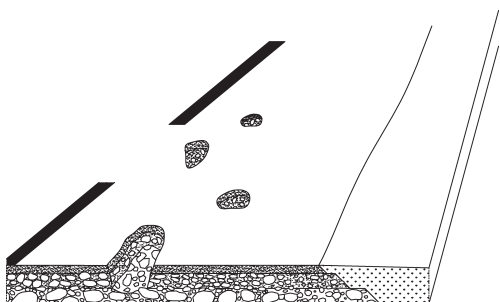
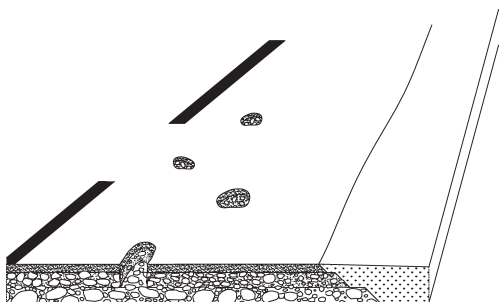
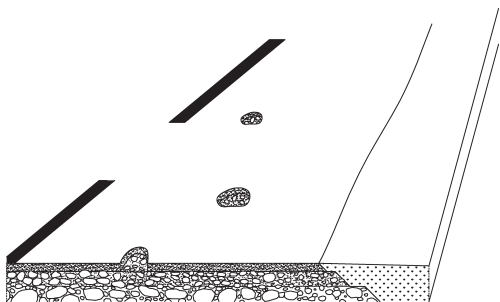
### Opis

Oštećenja kolnika, nepravilnog oblika promjera do 50 cm, kod kojih je potpuno uništen i odstranjen samo završni asfaltni sloj ili i svi bitumenom vezani slojevi te dio donjih nosivih slojeva kolničke konstrukcije. Sanirane udarne rupe nazivaju se zakrpe.

### Mogući uzroci

- mjestimični, ograničeni nedostaci asfaltnih slojeva uslijed
  - ↳ upotrebe mješavine slabije kvalitete
  - ↳ male količine veziva u mješavini
  - ↳ upotrebe pregrijanog ili starog veziva
- nedostaci pri ugradnji asfaltne mješavine
  - ↳ neotprašena podloga
  - ↳ slaba zbijenost
  - ↳ preniska temperatura mješavine pri ugradnji
- nedovoljna otpornost zrnatog kamenog materijala prema smrzavanju
- druga oštećenja kod kojih dolazi do razaranja asfaltnih slojeva s odvajanjem materijala na oslabljenim dijelovima površine pod djelovanjem prometa
- prodiranje vode u nosivi sloj kroz ispucalu površinu kolnika (npr. kroz splet mrežastih pukotina)
- slaba odvodnja
- mjestimična lokalna pojava slabije nosivosti sloja od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala ili posteljice

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.



### Predvidivo napredovanje

- ovisno o prometnom opterećenju sporije ili brže povećanje udarnih rupa popraćeno ubrzanim prodiranjem površinske vode u kolničku konstrukciju

### Stupanj oštećenja

- S1:** udarne rupe promjera do 10 cm ili dubine do 40 mm, po dubini zahvaćen samo habajući sloj
- S2:** udarne rupe promjera 10 do 30 cm ili dubine 40 do 80 mm, po dubini zahvaćeni habajući sloj i bitumenizirani nosivi sloj
- S3:** udarne rupe promjera većeg od 30 cm ili dubine veće od 80 mm, po dubini zahvaćeni habajući sloj, bitumenizirani nosivi sloj, a ponekad i nosivi sloj od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala

### Opseg oštećenja

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

...





**Slika 2.2.1.**  
Udarna rupa, zakrpa, S1



**Slika 2.2.2.**  
Udarna rupa, zakrpa, S2



**Slika 2.2.3.**  
Udarna rupa, zakrpa, S3



## 3.1. Valovanje

### Opis

Kontinuirane neravnine površine kolnika u obliku valova na pravilnim razmacima od nekoliko metara, okomito na smjer vožnje.

### Mogući uzroci

- neujednačena i/ili nedostatna nosivost slojeva kolničke konstrukcije i/ili posteljice

### Predvidivo napredovanje

- povećanje postojećih valova uslijed djelovanja dinamičkog opterećenja teških vozila

### Stupanj deformacije

Stupanj deformacije registrira se mjerenjem odgovarajućim uređajem.

### Opseg deformacije

Opseg deformacije određuje se u [m].

### Naputak

Pojedinačne lokalne deformacije površine opisane su u točki 3.6. Lokalna uleknuća.



Slika 3.1.1.  
Valovanje



Slika 3.1.2.  
Valovanje

### 3. Deformacije površine

16, 17

katalog oštećenja asfaltnih kolnika

## 3.2. Boranje

### Opis

Kontinuirane neravnine površine kolnika u obliku malih valova na pravilnim razmacima od 10 do 15 cm. Javljaju se okomito na smjer vožnje u zonama pokretanja i zaustavljanja vozila, na dionicama većih uzdužnih nagiba i u krivinama malog radijusa.

### Mogući uzroci

- pogreške pri projektiranju sastava i proizvodnji asfaltne mješavine
  - ↳ nestabilna asfaltna mješavina (prevelik postotak udjela bitumenskog veziva, visoki udio sitnih frakcija u granulometriji kamenog agregata)
  - ↳ odabir neadekvatnih sastavnih materijala (premekani bitumen, agregat okruglog zrnja ili glatke mikroteksture)
- prekomjerna horizontalna naprezanja

### Predvidivo napredovanje

- povećanje neravnina uslijed djelovanja dinamičkog djelovanja teških teretnih vozila
- nastajanje pukotina uslijed pojave velikih deformacija.

### Stupanj deformacije

- S1:** jedva primjetne neravnine, ne postoji zamjetan pad udobnosti vožnje
- S2:** jasno primjetne neravnine, umjeren pad udobnosti vožnje
- S3:** izrazite neravnine, značajan pad udobnosti vožnje, neophodno smanjenje brzine zbog otežanog upravljanja vozilom

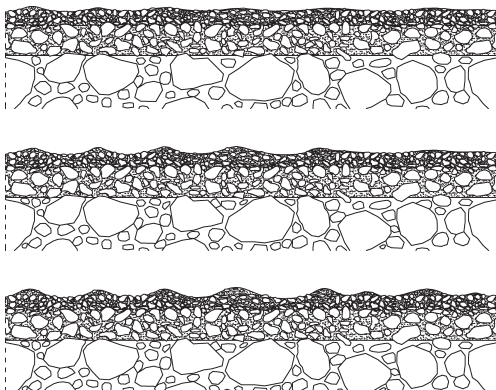
### Opseg deformacije

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

...

Stupnjevi deformacije; S1, S2, S3.







Slika 3.2.1.  
Boranje, S1-S2



Slika 3.2.2.  
Boranje, S2



Slika 3.2.3.  
Boranje, S3

### 3. Deformacije površine

18, 19

katalog oštećenja asfaltnih kolnika

## 3.3. Kolotražnje

### Opis

Kontinuirano uzdužno uleknuće u tragu kotača vozila koje zahvaća jedan ili više slojeva kolnika.

### Mogući uzroci

- pogreške pri projektiranju ili proizvodnji asfaltne mješavine
  - ↳ preveliki udio bitumena
  - ↳ preveliki udio punila
  - ↳ nedovoljan sadržaj zrna agregata oštih bridova u asfaltnoj mješavini
- pogreške pri izvedbi asfaltnog sloja
  - ↳ nedovoljna zbijenost asfaltnih slojeva prije puštanja u promet
- poddimenzionirana kolnička konstrukcija
- nedovoljna nosivost sloja od mehanički zbijenog znatog kamenog materijala ili posteljice
- trošenje habajućeg sloja pod djelovanjem prometa

### Predvidivo napredovanje

- kanaliziranje teških vozila i posljedično ubrzano napredovanje kolotragova
- pojava mrežastih pukotina u području kolotraga
- nastanak udarnih rupa.

### Stupanj deformacije

Stupanj deformacije registrira se mjerenjem odgovarajućim uređajem.

### Opseg deformacije

Opseg deformacije određuje se u [m].

### Naputak

...





Slika 3.3.1.  
Kolostraženje



Slika 3.3.2.  
Kolostraženje



Slika 3.3.3.  
Kolostraženje

### 3. Deformacije površine

20, 21

katalog oštećenja asfaltnih kolnika

## 3.4. Klizanje

### Opis

Horizontalna deformacija habajućeg sloja koja se javlja na mjestima naglog ubrzavanja ili usporavanja vozila, na dionicama većih uzdužnih nagiba nivelete te u krivinama malog radijusa. Uslijed klizanja asfalta dolazi do pojave paraboličnih pukotina ili pukotina koje se pružaju koso na smjer vožnje.

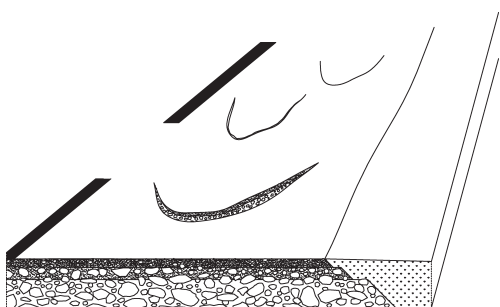
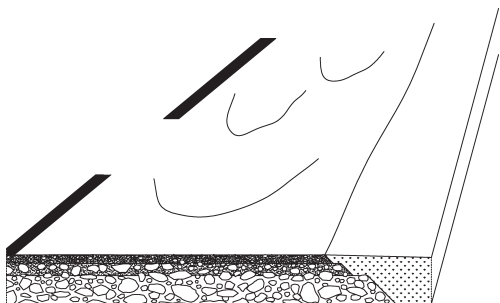
### Mogući uzroci

- nedostatna povezanost habajućeg i bitumenom vezanog nosivog sloja, uslijed čega dolazi do lokalnih prekoračenja dopuštenih posmičnih naprezanja na kontaktu
- pogrešan sastav asfaltne mješavine
- polaganje habajućeg sloja bez prskanja podloge bitumenskom emulzijom ili vrućim bitumenom
- premala debljina habajućeg sloja

### Predvidivo napredovanje

- proširenje površine zahvaćene klizanjem asfalta pod djelovanjem horizontalnih sila
- nastajanje pukotina kao posljedica pojave velikih deformacija,
- postepeno otvaranje pukotina pod djelovanjem prometa uz jasno vidljiv horizontalni pomak habajućeg sloja,
- pojava odvajanja/otkidanja asfaltnog sloja uz mogućnost nastajanja udarnih rupa

Stupnjevi deformacije; S1, S2, S3.



### Stupanj deformacije

- S1:** vidljive horizontalne deformacije habajućeg sloja uz lagano nabiranje i pojavu paraboličnih pukotina
- S2:** zamjetne horizontalne deformacije uz nabiranje habajućeg sloja i pojavu širih paraboličnih pukotina
- S3:** velike horizontalne deformacije uz značajnije nabiranje i klizanje habajućeg sloja sa širokim paraboličnim pukotinama

### Opseg deformacije

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja određuje se prema toč. 2.1.





Slika 3.4.1.  
Kliranje, S1-S2



Slika 3.4.2.  
Kliranje, S2



Slika 3.4.3.  
Kliranje, S3

### 3. Deformacije površine

22, 23



## 3.5. Bočno istiskivanje

### Opis

Izdizanje kolnika u obliku nabora uzduž ruba voznog traka. Javlja se većinom u kombinaciji sa kolotragom u blizini ruba kolnika. Istovremeno se često javljaju i pukotine na rubu kolnika.

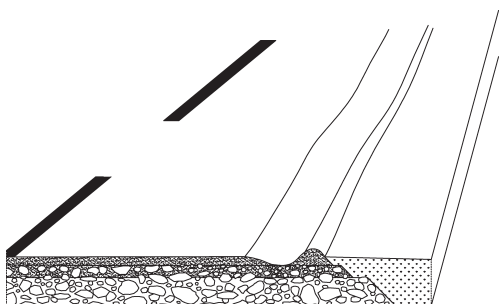
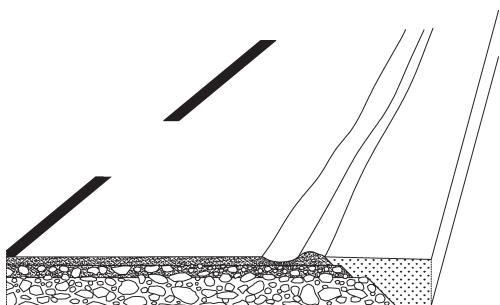
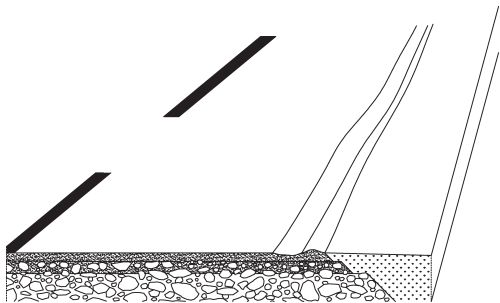
### Mogući uzroci

- nedostatna povezanost habajućeg i bitumeniziranog nosivog sloja, uslijed čega pod djelovanjem prometa teških teretnih vozila dolazi do bočnog pomaka habajućeg sloja ili asfaltnog zastora u cjelini
- pogrešan sastav asfaltna mješavine
  - ↳ prevelik postotak udjela bitumenskog veziva
  - ↳ visoki udio sitnih frakcija u granulometrijskom sastavu kamenog agregata
- polaganje habajućeg sloja bez prskanja podloge bitumenskom emulzijom ili vrućim bitumenom

### Predvidivo napredovanje

- kolotrazi u vanjskom tragu kotača vozila popraćeni izdizanjem asfaltnog sloja
- prisilno kanaliziranje prometa i posljedično povećanje uzdignuća
- nastajanje pukotina

Stupnjevi deformacije; S1, S2, S3.



### Stupanj deformacije

- S1:** zamjetno uzdignuće asfaltnih slojeva uz rub kolnika
- S2:** značajno uzdignuće asfaltnih slojeva uz rub kolnika, djelomično narušena poprečna odvodnja kolnika
- S3:** zgnječeni vanjski, rubni dijelovi asfaltnih slojeva, onemogućena poprečna i djelomično ometana uzdužna odvodnja kolnika

### Opseg deformacije

Opseg deformacije određuje se u [m].

### Naputak

...



Slika 3.5.1.  
Bočno istiskivanje, S1



Slika 3.5.2.  
Bočno istiskivanje, S2



Slika 3.5.3.  
Bočno istiskivanje, S3

### 3. Deformacije površine

24, 25

## 3.6. Lokalna uleknuća

### Opis

Lokalno udubljenje površine kolnika, okruglog ili eliptičnog oblika. Moguća pojava pukotina po rubu i unutar uleknute površine.

### Mogući uzroci

- naknadno zbijanje zastora ili podloge
- lokalni umor materijala završnog sloja
- slaba nosivost posteljice
- manjkava odvodnja

### Predvidivo napredovanje

- stvaranje pukotina, rubnih te mrežastih na udubljenoj površini
- nastajanje udarnih rupa

### Stupanj deformacija

- S1:** deformacije dubine do 30 mm, bez pojave rubnih i/ili mrežastih pukotina, ne utječu na odvodnju kolnika
- S2:** deformacije dubine 30-60 mm, pojava rubnih i/ili mrežastih pukotina unutar deformirane površine, moguć mali utjecaj na odvodnju kolnika
- S3:** deformacije dubine preko 60 mm, pojava rubnih i/ili mrežastih pukotina unutar i izvan deformirane površine, značajan utjecaj na odvodnju kolnika

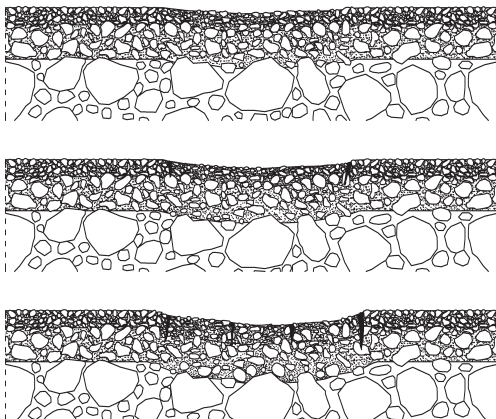
### Opseg deformacije

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

...

Stupnjevi deformacije: S1, S2, S3.







**Slika 3.6.1.**  
Lokalno udubljenje, S1



**Slika 3.6.2.**  
Lokalno udubljenje, S2



**Slika 3.6.3.**  
Lokalno udubljenje, S3

### 3. Deformacije površine

26, 27

## 3.7. Slijeganje ruba kolnika

### Opis

Rub kolnika slegnut je prema van. Često se istovremeno uz rub kolnika pojavljuju pukotine.

### Mogući uzroci

- nepravilna izvedba bankina
- slaba odvodnja uslijed višeg položaja bankine u odnosu na kolnik
- neodržavana bankina
- nekvalitetna izvedba ruba kolnika, nedovoljna zbijenost
- preuzak kolnik
- djelovanje smrzavanja i odmrzavanja
- slijeganje ruba kolnika nakon proširenja uslijed diskontinuiteta u nosivosti ili zbijenosti slojeva kolničke konstrukcije na mjestima proširenja

### Predvidivo napredovanje

- nastanak pukotina po rubovima slegnutog dijela kolnika kroz koje počinje prodirati voda
- drobljenje rubova kolnika uz smanjenje nosivosti okolnog dijela konstrukcije kolnika

### Stupanj deformacije

**S1:** uočljivo slijeganje ruba kolnika bez pojave pukotina

**S2:** zamjetno slegnuti rub kolnika uz pojavu pukotina

**S3:** značajno slegnuti rub kolnika sa širokim pukotinama

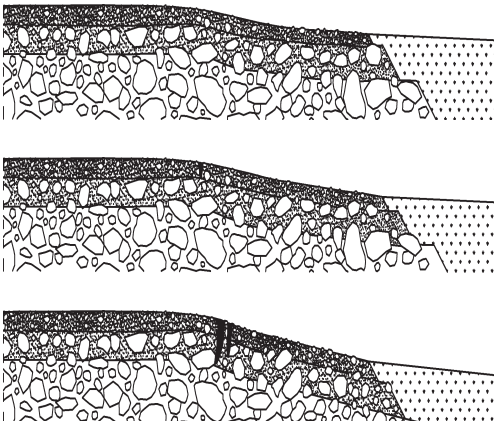
### Opseg deformacije

Opseg deformacije određuje se u [m].

### Naputak

...

Stupnjevi deformacije; S1, S2, S3.







**Slika 3.7.1.**  
Slijevanje ruba kolnika, S1



**Slika 3.7.2.**  
Slijevanje ruba kolnika, S2



**Slika 3.7.3.**  
Slijevanje ruba kolnika, S3

## 3.8. Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja

### Opis

Izdizanje kolnika kao posljedica smrzavanja posteljice ili nosivih slojeva od mehanički zbijenih zrnatih kamenih materijala popraćeno uzdužnim pukotinama koje se javljaju u središnjem dijelu poprečnog presjeka.

### Mogući uzroci

- nedovoljna debljina kolničke konstrukcije obzirom na dubinu smrzavanja
- neuređena odvodnja cestovnog tijela (drenaže, jarci) uslijed čega dolazi do sakupljanja vode u području kolnika
- kapilarno dizanje vode kao posljedica prevelike količine sitnih čestica u granulometrijskom sastavu zrnatih kamenih materijala upotrijebljenih za izradu mehanički zbijenog nosivog sloja

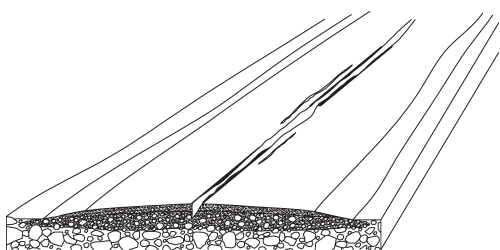
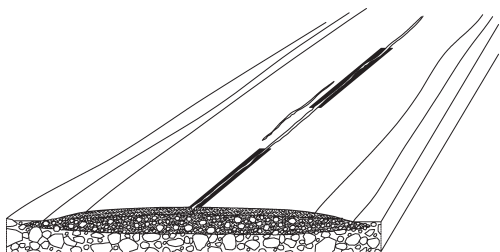
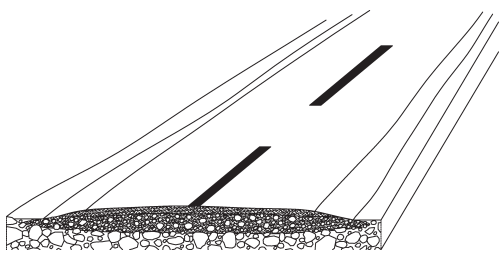
### Predvidivo napredovanje

- pukotine i smanjena nosivost u periodu odmrzavanja dovode do formiranja udarnih rupa i razaranja kolničke konstrukcije

### Stupanj deformacije

- S1:** lagano oštećena središnja površina kolnika bez pojave uzdužnih pukotina
- S2:** zamjetno oštećena središnja površina kolnika, pojava isprekidanih uzdužnih pukotina širine  $< 10$  mm
- S3:** značajno oštećena središnja površina kolnika, kontinuirane uzdužne pukotine širine  $> 10$  mm

Stupnjevi deformacije: S1, S2, S3.



### Opseg deformacije

Procjena zahvaćene površine u  $[m^2]$ .

### Naputak

...





Slika 3.8.1.  
Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja, S2



Slika 3.8.2.  
Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja, S3



## 4.1. Mrežaste pukotine

### Opis

Isprepletene, međusobno povezane pukotine koje površinu kolnika razdjeljuju u niz malih poligona, tvoreći uzorak sličan mreži. Veličina poligona uobičajeno je manja od 150 mm, a rijetko prelazi 300 mm. Pojava mrežastih pukotina učestalija je u području tragova kotača vozila, no nerijetko zahvaćaju i čitavu površinu kolnika.

### Mogući uzroci

- umor asfaltnog zastora
- poddimenzionirana kolnička konstrukcija (premala debljina slojeva kolničke konstrukcije)
- nepravilnosti pri izvedbi kolničke konstrukcije i/ili posteljice (nehomogena nosivost, upotreba materijala slabije kvalitete)
- loša odvodnja kolnika i/ili posteljice
- nedovoljna otpornosti na smrzavanje nosivih slojeva od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala
- starenje veziva u kombinaciji s pretankim habajućim slojem (pukotine u pravilu samo u habajućem sloju)

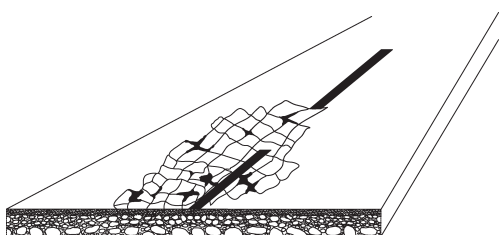
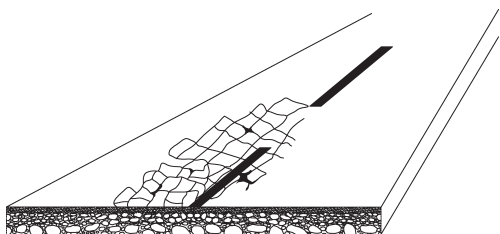
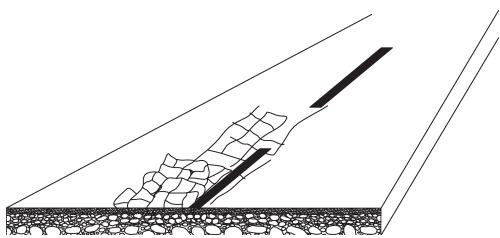
### Predvidivo napredovanje

- povećavanje površine zahvaćene mrežastim pukotinama
- nastajanje udarnih rupa
- raspadanje cijelog asfaltnog zastora

### Stupanj oštećenja

- S1:** uske pukotine koje tvore površinu razdijeljenu u poligone
- S2:** šire mrežaste pukotine, započeto lomljenje vrhova poligona
- S3:** poligonalni komadi dijelom slobodni, labavi i razlomljeni

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.



### Opseg oštećenja

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

...





Slika 4.1.1.  
Mrežaste pukotine, S1



Slika 4.1.2.  
Mrežaste pukotine, S2



Slika 4.1.3.  
Mrežaste pukotine, S3

## 4. Pukotine

32, 33



## 4.2. Uzdužne pukotine

### Opis

Pukotine se pružaju približno paralelno osi ceste. Javljaju se kao dugačke pojedinačne pukotine ili kao niz kraćih paralelnih pukotina

### Mogući uzroci

- prekomjerne deformacije površine kolnika pod djelovanjem teških teretnih vozila posebice u periodu najmanje nosivosti kolnika (period proljetnog odmrzavanja)
- lokalno neujednačena zbijenost materijala i pojava diferencijalnih slijeganja posteljice i nosivog sloja od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala
  - ↳ u slučaju proširivanja kolnika
  - ↳ na prijelazu iz usjeka u nasip kod ceste u zasjeku
- pogreške pri izvedbi asfaltnog sloja
  - ↳ neodgovarajuća temperatura asfaltne mješavine pri zbijanju
  - ↳ neodgovarajuća sredstva za zbijanje
- nejednolika nosivost pojedinih slojeva ili kolničke konstrukcije u cjelini

### Predvidivo napredovanje

- pojava sekundarnih paralelnih pukotina
- nastanak mrežastih pukotina
- nastanak udarnih rupa uslijed djelovanja vode, mraza i soli za posipavanje

### Stupanj oštećenja

**S1:** jednostruka glavna pukotina širine  $< 2$  mm

**S2:** jednostruka glavna pukotina širine od 2 do 10 mm, moguća pojava malih sekundarnih paralelnih pukotina

**S3:** početak mrvljenja rubova glavne pukotine širine  $> 10$  mm, veći broj izraženih sekundarnih paralelnih pukotina

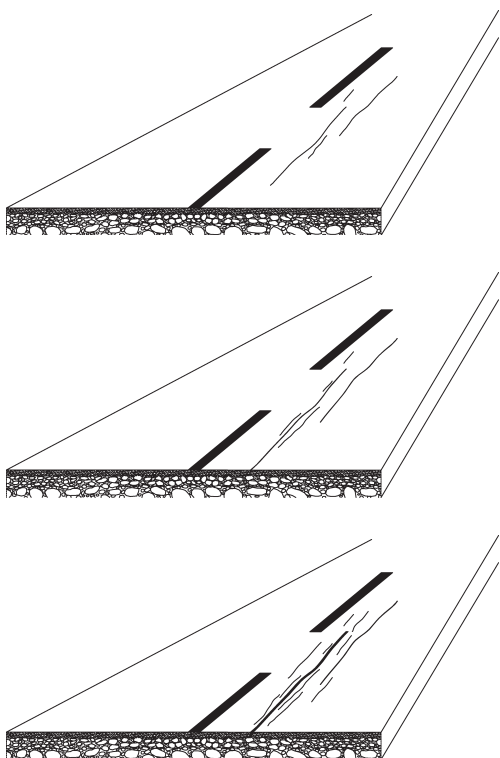
### Opseg oštećenja

Procjena opsega oštećenja u [m].

### Naputak

Otvoreni radni spojevi (4.5.) protežu se u pravcu, dok su uzdužne pukotine vijugave.

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.





Slika 4.2.1.  
Uzdužna pukotina, S1



Slika 4.2.2.  
Uzdužna pukotina, S2



Slika 4.2.3.  
Uzdužna pukotina, S3

## 4.3. Poprečne pukotine

### Opis

Pukotine s izrazitim smjerom pružanja poprečno na os ceste.

### Mogući uzroci

- utjecaj niskih temperatura
- reflektiranje pukotina
  - ↳ nastalih u cementom stabiliziranom nosivom sloju uslijed promjena temperature
  - ↳ kod pojačanja kolničke konstrukcije
- promjena volumena tla uslijed gubitka vlage u posteljici s visokim sadržajem glinovitih čestica
- nedovoljna nosivost posteljice kao posljedica nestabiliziranog slabo nosivog temeljnog tla
- gubitak kontinuiteta u nosivosti posteljice
  - ↳ manjkava izvedba prijelaznog uređaja između objekta i konstrukcije kolnika
  - ↳ na mjestima prolaza ili propusta u slučaju nedovoljne visine nadsloja
- oštećenje raznih instalacija ispod kolnika

### Predvidivo napredovanje

- usporedne sekundarne pukotine
- grananje glavne pukotine uz nastanak mrežastih pukotina
- nastajanje udarnih rupa

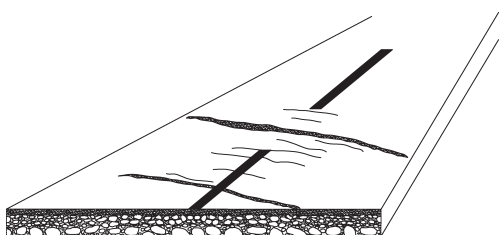
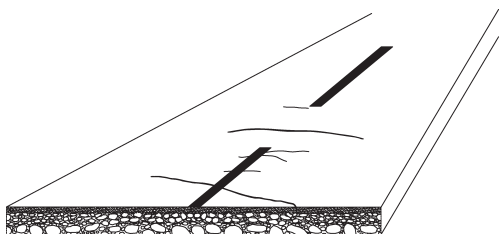
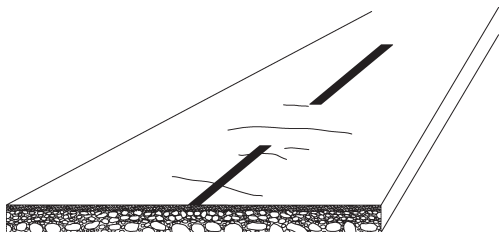
### Stupanj oštećenja

**S1:** jednostruka pukotina širine <2 mm

**S2:** širina glavne pukotine od 2 do 10 mm, uz pojavu usporednih pukotina

**S3:** širina glavne pukotine >10 mm, glavna pukotina se počinje mrviti po rubovima, usporedne pukotine

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.



### Opseg oštećenja

Procjena opsega oštećenja u [m].

### Naputak

...





**Slika 4.3.1.**  
Poprečna pukotina, S1



**Slika 4.3.2.**  
Poprečna pukotina, S2



**Slika 4.3.3.**  
Poprečna pukotina, S3

## 4. Pukotine

36, 37

## 4.4. Pukotine u tragovima kotača

### Opis

Pukotine koje se javljaju u tragovima kotača nastaju kao posljedica umora materijala kolnika.

### Mogući uzroci

- umor asfaltnog zastora
- poddimenzionirana kolnička konstrukcija
- loša odvodnja kolnika i/ili posteljice
- nedovoljna otpornosti na smrzavanje nosivog sloja od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala

### Predvidivo napredovanje

- povećavanje površine zahvaćene mrežastim pukotinama
- raspadanje asfaltnog zastora u tragu kotača
- nastajanje udarnih rupa

### Stupanj oštećenja

**S1:** jedna ili više uzdužnih, međusobno paralelnih, nepovezanih pukotina

**S2:** djelomično formirane mrežaste pukotine, započeto mrvljenje vrhova poligona

**S3:** gusto formirane mrežaste pukotine, poligonalni komadi dijelom slobodni, labavi i razlomljeni

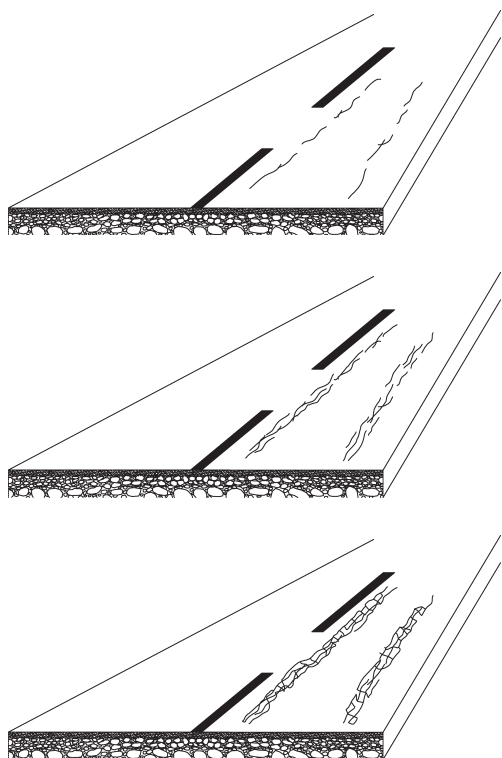
### Opseg oštećenja

Opseg oštećenja određuje se u [m].

### Naputak

...

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.







**Slika 4.4.1.**  
Pukotine u tragovima kotača, S1



**Slika 4.4.2.**  
Pukotine u tragovima kotača, S2



**Slika 4.4.3.**  
Pukotine u tragovima kotača, S3



## 4.5. Otvoreni radni spojevi

### Opis

Otvaranje habajućeg sloja u obliku pojedinačne pravolinijske pukotine jasnih rubova, na uzdužnim i/ili poprečnim radnim spojevima.

### Mogući uzroci

- segregacija asfaltne mješavine
- manjkava izvedba
  - ↳ rub završenog dijela asfaltnog traka prehladan
  - ↳ nedovoljno zbijen spoj
- loše brtvljenje spoja
- loša obrada radnog spoja pri popravcima kolnika

### Predvidivo napredovanje

- povećanje pukotina uslijed prodora površinske vode, te djelovanja mraza i prometa
- pojava sekundarnih pukotina uzduž radnog spoja
- mrvljenje rubova radnog spoja
- udarne rupe

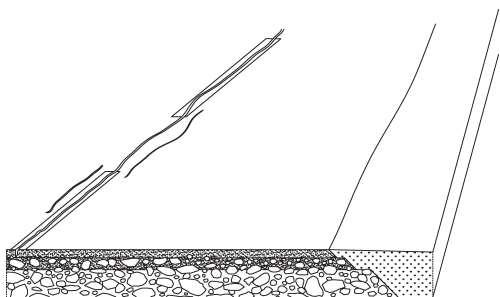
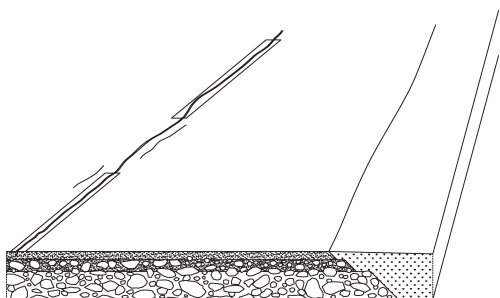
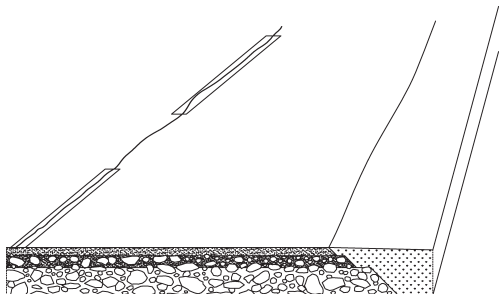
### Stupanj oštećenja

**S1:** širina otvorenog radnog spoja <5 mm

**S2:** širina otvorenog radnog spoja od 5 do 10 mm, početno nastajanje sekundarnih pukotina i mrvljenja rubova

**S3:** širina otvorenog radnog spoja >10 mm, uznapredovale sekundarne pukotine i otkidanje rubova radnog spoja

Stupnjevi oštećenja: S1, S2, S3.



### Opseg oštećenja

Opseg oštećenja određuje se u [m].

### Naputak

Za razliku od pukotina na radnim spojevima, koje su u pravilu jasnih rubova i pravolinijske, uzdužne (4.2.) i poprečne (4.3.) pukotine karakterizira zupčasta struktura rubova te su rijetko pravolinijske.



**Slika 4.5.1.**  
Otvoreni radni spoj, S1



**Slika 4.5.2.**  
Otvoreni radni spoj, S2



**Slika 4.5.3.**  
Otvoreni poprečni radni spoj, S3

## 4.6. Pukotine uslijed slijeganja

### Opis

Pojedinačne ili niz koncentrično razmještenih lučnih pukotina, koje nastaju po rubu formirane klizne plohe, uz vidljivu denivelaciju površine kolnika.

### Mogući uzroci

- prestrmi nagibi pokosa nasipa
- problemi s odvodnjom

### Predvidivo napredovanje

- prodiranje vode u pukotine i formiranje klizne plohe
- povećanje formirane klizne plohe i pojava klizanja

### Stupanj oštećenja

**S1:** lučne pukotine bez denivelacije kolnika

**S2:** zamjetne lučne pukotine, koje ograničavaju stepenasto deniveliranu površinu kolnika

**S3:** značajne lučne pukotine, koje ograničavaju stepenasto deniveliranu površinu kolnika uz vidni pomak formirane klizne plohe

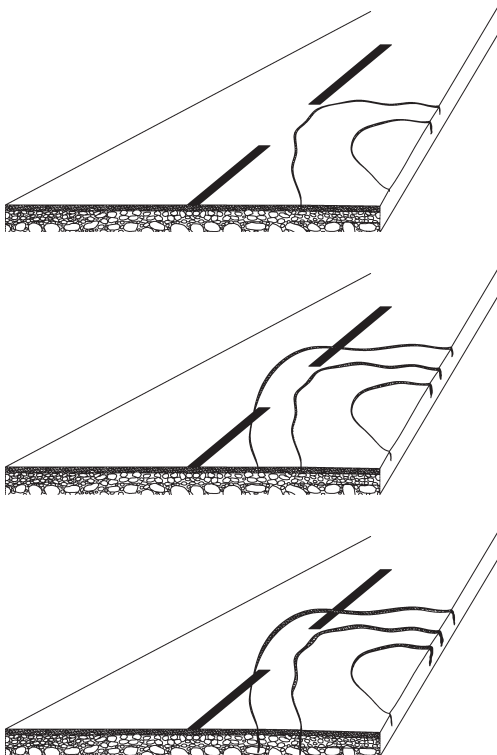
### Opseg oštećenja

Procjena zahvaćene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

Pukotine uz rub kolnika (4.7.) protežu se paralelno s rubom kolnika i nisu lučnog oblika.

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.







**Slika 4.6.1.**  
Pukotina uslijed slijeganja, S1



**Slika 4.6.2.**  
Pukotina uslijed slijeganja, S2



**Slika 4.6.3.**  
Pukotina uslijed slijeganja, S3

## 4.7. Pukotine uz rub kolnika

### Opis

Pukotine koje se javljaju u pojasu širine 50 cm od ruba kolnika.

### Mogući uzroci

- nepravilna izvedba bankina
- slaba odvodnja uslijed višeg položaja bankine u odnosu na kolnik
- neodržavana bankina
- nekvalitetna izvedba ruba kolnika, nedovoljna zbijenost
- preuzak kolnik
- djelovanje smrzavanja i odmrzavanja

### Predvidivo napredovanje

- povećanje i širenje pukotina u smjeru sredine kolnika
- slijeganje ruba kolnika popraćeno komadanjem asfaltnog zastora
- nastanak udarnih rupa

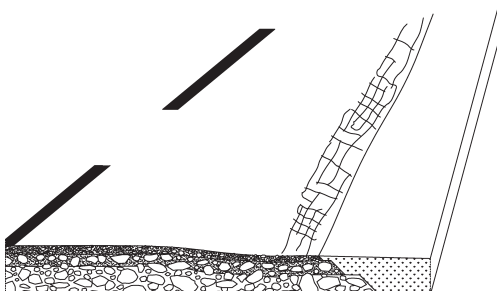
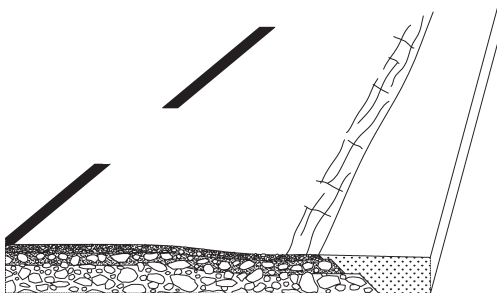
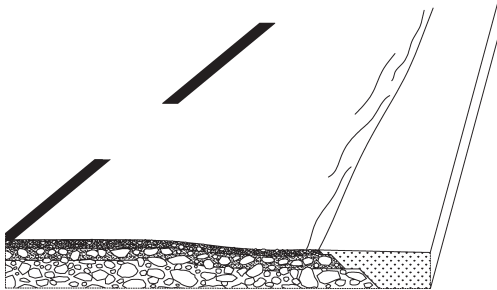
### Stupanj oštećenja

**S1:** pojava uzdužnih pukotina

**S2:** uznapredovale uzdužne pukotine uz pojavu poprečnih pukotina

**S3:** formirana mreža pukotina na rubu kolnika

Stupnjevi oštećenja; S1, S2, S3.



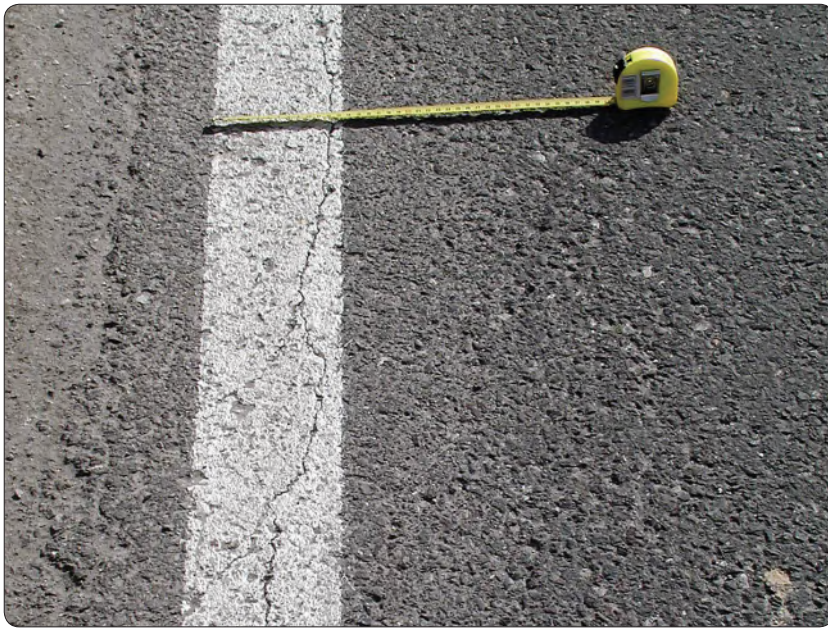
### Opseg oštećenja

Opseg oštećenja određuje se u [m].

### Naputak

Slijeganje ruba kolnika (3.7.) često prethodi pojavi pukotina uz rub kolnika.

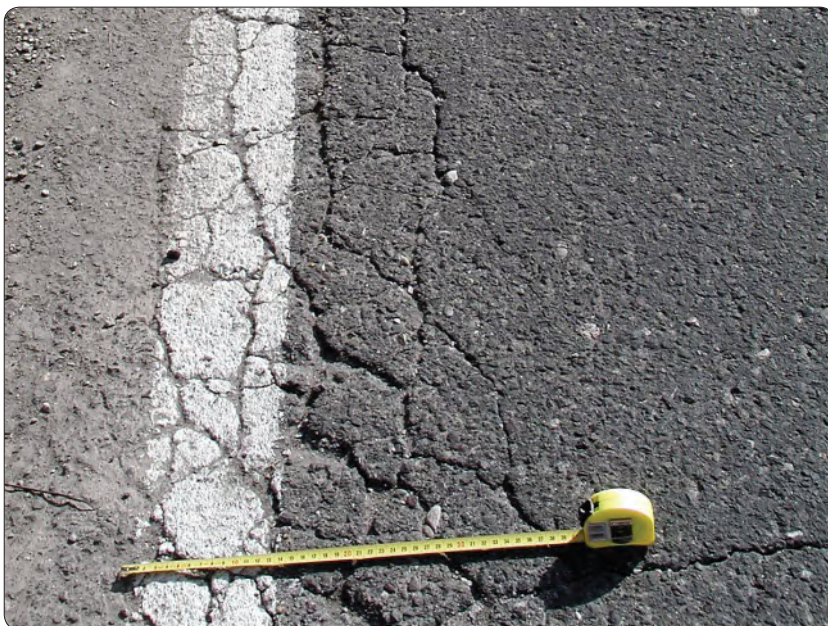




**Slika 4.7.1.**  
Pukotine uz rub kolnika, S1



**Slika 4.7.2.**  
Pukotine uz rub kolnika, S2



**Slika 4.7.3.**  
Pukotine uz rub kolnika, S3

## 4. Pukotine

44, 45

## 5. Popravci

### Opis

Mjestimično uklanjanje i zamjena slojeva kolničke konstrukcije na površinama pravilnog oblika većim od 0,5 m<sup>2</sup>.

### Mogući uzroci

- prekopi za instalacije (vodove)
- oštećenja završnog sloja na većim površinama

### Predvidivo napredovanje

- pukotine na rubovima popravka
- pojava otvorenih radnih spojeva
- udarne rupe

### Stupanj oštećenja

Vizualna ocjena stupnja oštećenja nije moguća.

### Opseg oštećenja

Procjena popravljene površine u [m<sup>2</sup>].

### Naputak

Popravci se tretiraju kao sanirane površine. Oštećenja na popravcima tretiraju se kao oštećenja na površinama kolnika izvan njih. Za razliku od Zakrpa (2.2.) (male površine nepravilnog oblika) popravci su veće pravilno oblikovane površine, oštih, ravnih rubova.





Slika 5.1.  
Popravci



Slika 5.2.  
Popravci



Slika 5.3.  
Popravci

## 5. Popravci

46, 47



## uputstvo za vizualni pregled kolnika državnih cesta





# uputstvo za vizualni pregled kolnika državnih cesta

## Naručitelj

Hrvatske ceste d.o.o.  
za upravljanje, građenje i održavanje državnih cesta  
Vončinina 3, Zagreb

## Izvršitelj

Građevinski fakultet  
Sveučilišta u Zagrebu  
Zavod za prometnice  
Kačićeva 26, Zagreb

## Izradili:

Doc. dr. sc. Vesna Dragčević, dipl. ing. građ.  
Prof. dr. sc. Željko Korlaet, dipl. ing. građ.  
Doc. dr. sc. Tatjana Rukavina, dipl. ing. građ.

Zagreb, svibanj 2004.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET  
ZAVOD ZA PROMETNICE





# Sadržaj

1. Uvod . . . . .	4	
2. Metode opažanja . . . . .	4	
3. Razina opažanja . . . . .	5	
4. Katalog oštećenja asfaltnih kolnika . . . . .	6	
5. Ispitna površina - odsječak . . . . .	7	
6. Obrazac za vizualno opažanje oštećenja . . . . .	8	
6.1. Izbor vrsta (grupa) oštećenja za opažanje . . . . .	8	
6.2. Sažimanje vrsta oštećenja u istu grupu opažanja . . . . .	9	
6.3. Određivanje opsega i stupnja oštećenja . . . . .	9	
7. Upute za opažanje . . . . .	10	<b>3</b>
8. Provedba opažanja . . . . .	10	
Obrazac za vizualno opažanje oštećenja . . . . .	11	

# 1. Uvod

Bitan preduvjet za sustavno i učinkovito gospodarenje i upravljanje cestovnom infrastrukturom je baza podataka, koja sadrži relevantne značajke cestovne mreže. Unutar ovog okvira važan dio odnosi se na strategiju održavanja kolnika, koju je moguće provesti samo na temelju poznavanja stvarnog stanja cestovnih kolnika.

Ovo **Uputstvo za vizualni pregled kolnika državnih cesta** (u daljnjem tekstu Uputstvo) sadrži smjernice i upute za (vizualan) pregled i ocjenu stanja kolnika na državnoj cestovnoj mreži, u cilju provođenja svrhovitog generalnog koncepta održavanja.

Pri izradi uputstava treba zadovoljiti sljedeće zahtjeve:

4

- definirati jednoznačne kriterije za ocjenu pojedinih vrsta oštećenja;
- odrediti relevantne vrste oštećenja za procjenu stanja kolnika i sažeti (optimalizirati) ih na broj koji je vizualnim pregledom moguće prikupiti;
- osigurati ujednačenost prikupljanja podataka na razini mreže.

Jednoznačnost kriterija za ocjenu pojedinih vrsta oštećenja osigurana je izradom **Kataloga oštećenja asfaltnih kolnika** (u daljnjem tekstu Katalog), koji s ovim Uputstvom čini cjelinu.

Određivanje relevantnih vrsta oštećenja i sažimanje njihova broja u svrhu vizualnog opažanja prikazano je u ovom Uputstvu.

Ujednačenost prikupljanja podataka, s obzirom na veličinu državne cestovne mreže (cca 7.000 km) i nužnost provedbe s više opažačkih timova, moguće je poboljšati optimalnim smanjenjem broja timova, jasnim uputama za provedbu vizualnog opažanja te kontrolom rada timova na terenu.

Iskustva drugih zemalja na provedbi ovih zadataka, koja su dobrim dijelom korištena pri izradi ovog Uputstva i Kataloga, ukazuju da će smjernice i preporuke sadržane u ovom Uputstvu trebati prilagođavati temeljem stečenih iskustava. To se posebno odnosi na primjenu drugih metoda opažanja s obzirom na njihov očekivani (tehnološki) razvoj.

# 2. Metode opažanja

Obzirom na sredstva koja se pri opažanjima koriste razlikuju se dvije skupine metoda opažanja:

- opažanja mjernim uređajima
- vizualna opažanja

Načini opažanja mjernim uređajima točno su propisani. Rezultati opažanja su objektivni i usporedivi, a za ispitivanje nekih karakteristika kolnika praktično su nezamjenjivi (iz kategorije 1. *Oštećenja teksture površine* i kategorije 3. *Deformacije površine* – vidi Katalog). Ova opažanja u pravilu zahtijevaju posjedovanje tehnološki složenih mjernih instrumenata.

Vizualna opažanja su subjektivna, objektivizacija i interpretacija rezultata opažanja je otežana, posebno pri opažanjima s više timova opažača. Stoga treba edukaciji i treningu timova opažača pristupiti s dužnom pažnjom. Za dobar dio vrsta oštećenja (kategorije 2. *Oštećenja završnog sloja*, kategorije 4. *Pukotine* i kategorije 5. *Popravci* – vidi Katalog) vizualna opažanja su još uvijek najpouzdanija metoda, bez obzira na navedene teškoće.

Obzirom na način opažanja danas se koriste različite metode, koje se mogu svrstati u četiri grupe:

- vizualna opažanja ophodnjom (pješice)
- vizualna opažanja iz vozila (u vožnji)
- automatska opažanja (u vožnji)
- opažanja snimanjem (u vožnji).

Opažanja ophodnjom (pješice) za neke vrste oštećenja (kategorije 2. *Oštećenja završnog sloja* i kategorije 4. *Pukotine* – vidi Katalog) posebno su prikladna, jer je izravnim uvidom moguće precizno utvrditi vrstu, opseg i stupanj oštećenja. Opažatelj unosi podatke u odgovarajući obrazac ili priručno računalo. Loše strane opažanja ophodnjom su stalna opasnost od prometa, dugotrajno (skupo) prikupljanje podataka i neprikladnost opažanja (ocjenjivanja) nekih vrsta oštećenja koja su primjerenija opažanju mjernim uređajima.

**Vizualno opažanje iz vozila (u vožnji)** prikladno je opažanju vrsta (grupa) oštećenja “na razini mreže”. Brzina vožnje zavisi o broju podataka koji se prikupljaju i u pravilu je osjetno manja od brzine tekućeg prometa. Podaci se unose u odgovarajući obrazac ili izravno u odgovarajuće računalo. Uz bitno smanjenu opasnost od prometa u odnosu na opažanje

### 3. Razina opažanja

ophodnjom (pješice), prednost ovog načina opažanja je osjetno povećanje produktivnosti.

**Način provedbe vizualnog opažanja iz vozila (u vožnji) predmet je ovog Uputstva.**

Automatska opažanja provode se posebnim mjernim uređajima, čije se tehnologije i načini mjerenja stalno razvijaju. U pravilu je bilježenje rezultata mjerenja automatsko, kao i unošenje rezultata mjerenja u banku podataka. Nabava mjernih uređaja iziskuje znatna financijska ulaganja.

Opažanje filmskim i video snimanjem provodi se u mnogim zemljama kao dopuna navedenim metodama. Brzi razvoj videotehnologije istiskuje snimanje filmovima, povećanje rezolucije odnosno kvalitete slike omogućava sve veće brzine vožnje. Nedostaci ovih postupaka su problemi kvalitete slike i zamoran postupak očitavanja podataka s ekrana i prenošenja u datoteku.

Za provedbu strategije održavanja cestovne infrastrukture uobičajene su dvije razine vizualnog opažanja stanja kolnika:

- **grubo** opažanje
- **detaljno** opažanje

**Grubo** opažanje sadrži procjenu oštećenja i stanja kolnika “**na razini cestovne mreže**”. Primjenjuje se za sistematično praćenje stanja cijele cestovne mreže ili njezinih većih dijelova u cilju razvoja i provođenja generalnog koncepta održavanja.

Vizualnim pregledom u smislu grubog opažanja snimaju se **samo određene vrste i grupe oštećenja** (vidi toč. 6.). Stanje kolnika na razini cestovne mreže upotpunjuje se i drugim metodama opažanja (vidi toč. 2.).

**Detaljno** opažanje sadrži procjenu oštećenja i stanja kolnika “**na razini projekta**”. Opseg i stupanj oštećenja utvrđuje se **pojedinačno za svaku vrstu oštećenja** navedenog u Katalogu. Rezultat detaljnog opažanja čini podlogu za određivanje mjera sanacije nastalih šteta.

# 4. Katalog oštećenja asfaltnih kolnika

Smjernice i preporuke sadržane u ovom Uputstvu za vizualni pregled kolnika državnih cesta odnose se na kategorije i vrste oštećenja klasificirane i opisane u Katalogu oštećenja asfaltnih kolnika.

Katalog sadrži 21 vrstu oštećenja, svrstanih u 5 kategorija:

1. Oštećenja teksture površine
  - 1.1. Zaglađena (polirana) površina
  - 1.2. Izbijanje bitumenskog veziva
  - 1.3. Trošenje
2. Oštećenja završnog sloja
  - 2.1. Odvajanje / otkidanje habajućeg sloja
  - 2.2. Udarne rupe / zakrpe
- 6 3. Deformacije površine
  - 3.1. Valovanje
  - 3.2. Boranje
  - 3.3. Kolotraženje
  - 3.4. Klizanje
  - 3.5. Bočno istiskivanje
  - 3.6. Lokalna uleknuća
  - 3.7. Slijeganje ruba kolnika
  - 3.8. Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja
4. Pukotine
  - 4.1. Mrežaste pukotine
  - 4.2. Uzdužne pukotine
  - 4.3. Poprečne pukotine
  - 4.4. Pukotine u tragovima kotača
  - 4.5. Otvoreni radni spojevi
  - 4.6. Pukotine uslijed slijeganja
  - 4.7. Pukotine uz rub kolnika
5. Popravci

Pojedine vrste oštećenja prikazane su odgovarajućim fotografijama (crtežima), opisan je izgled oštećenja, navedeni su mogući uzroci njihova nastanka i predvidivo napredovanje štete. Kako se kod nekih oštećenja pri vizualnom pregledu javljaju teškoće određivanja vrste oštećenja, u spornim su slučajevima navedeni odgovarajući naputci za njihovo raspoznavanje.

Za svako oštećenje navedena je mjerna jedinica opsega oštećenja (m, m<sup>2</sup>), a za većinu i opis stupnja oštećenja (S1, S2, S3), što su relevantne značajke vizualnog opažanja prema ovom Uputstvu.



## 5. Ispitna površina - odsječak

Duljina odsječka iznosi 200 m.

Širina promatrane površine (odsječka) određena je širinom jednog voznog traka, uključivo i rubni trak.

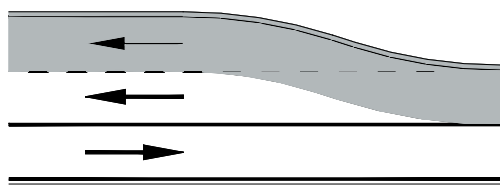
Obzirom na različite poprečne presjeka državnih cesta, na sljedećim skicama označene su površine kolnika (širine odsječaka) koje se vizualno opažaju:

### Dvotračne dvosmjerne ceste



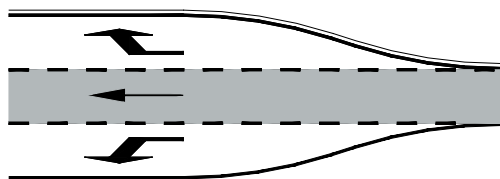
Širina opažanja odnosi se na polovinu širine kolnika, odnosno širinu od osi ceste do bankine (na nasipu) ili do rigola (u usjeku), bez obzira da li na kolniku postoje središnje i rubne crte ili ih nema.

### Trak za sporu vožnju



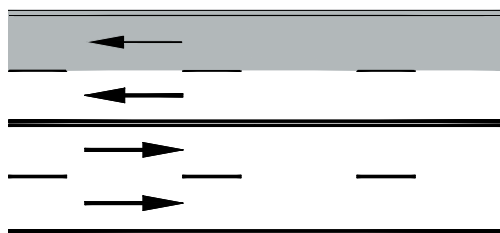
Na dionicama ceste s trakovima za spora vozila na usponima stanje kolnika se opaža na širini dodatnog traka, uključivo i rubni trak.

### Čvorište



Pri prolasku kroz čvorište (raskrižje) stanje kolnika opaža se samo na širini glavnog prolaznog traka.

### Četverotračne dvosmjerne ceste



Na četverotračnim dvosmjernim cestama (sa ili bez razdjelnog pojasa) stanje kolnika se opaža na širini desnog traka, uključivo i rubni trak.

Na ovaj se način osjetno reducira napor opažačkog tima (u odnosu na promatranje cijele širine kolnika) i osigurava povećani stupanj koncentracije promatranjem samo voznog traka u smjeru vožnje. Iskustva vizualnih opažanja provedenih u drugim zemljama (Austrija, Švicarska, Slovenija) pokazuju, da je ovaj način vizualnog pregleda optimalno rješenje, koje pruža dovoljnu razinu pouzdanosti ocjene stanja kolnika.

Pregled cijele širine kolnika (istovremeni pregled i polovice kolnika kojom se kreću vozila u suprotnom smjeru) znatno je otežan činjenicom da pregled obuhvaća dvostruku površinu, a vozni trak za suprotni smjer vožnje teško je ili nemoguće opservirati u slučaju formiranja kolone vozila.

**U pravilu se vizualno opaža vozni trak u smjeru rasta stacionaže.**

7

Izuzetno se, prema ocjeni opažačkog tima, može pojaviti potreba za opažanjem voznog traka u smjeru pada stacionaže. To se odnosi na slučajeve kada je taj vozni trak u znatno lošijem stanju na kontinuiranim potezima duljine od nekoliko kilometara. Takve se razlike mogu očekivati kod cesta koje su u stalnom zasjeku, na cestama s dugačkim usponima i drugdje.

## 6. Obrazac za vizualno opažanje oštećenja

Obrazac za vizualno opažanje oštećenja (u daljnjem tekstu Obrazac opažanja) sadrži:

- zaglavlje s općim podacima o cesti (oznaka-broj, dionica i tip poprečnog presjeka), datum opažanja i sastav tima opažača;
- glavu tablice koja u prvoj koloni sadrži stacionažu (odsječaka), a u ostalim kolonama vrste (grupe) oštećenja koja se opažaju i bilježe u tablicu (ukupno 4 kolone);
- tablicu podijeljenu na 5 dijelova (za 5 odsječaka), tako da se na jedan list formata A-4 bilježe opažanja na duljini od 1 km (5 x 200 = 1.000 m). Uočeni opsezi oštećenja na odgovarajućem odsječku bilježe se redom u raspoložive retke, a u rubriku "Ukupno" upisuje se zbroj registriranih opsega oštećenja na tom odsječku.

8

Obrazac za vizualno opažanje jedinstven je za oba predvidiva načina unošenja podataka o opsegu i stupnju pojedinačnih oštećenja:

- unošenje upisivanjem rukom na list papira formata A-4
- unošenje upisivanjem putem odgovarajućeg računala u elektronički obrazac u formi Excel-tablice.

Kod upisivanja rukom unose se opsezi oštećenja na promatranom odsječku, a upisani podaci se po obavljenom (dnevnom) opažanju unose u elektronički Excel-obrazac (istovjetan po obliku i sadržaju), pri čemu se zbroj unesenih opsega oštećenja odgovarajućeg odsječaka (rubrika "Ukupno") dobiva automatski.

Unošenjem opsega oštećenja na promatranom odsječku putem odgovarajućeg računala za vrijeme opažanja u vožnji, podaci se izravno bilježe u elektroničkoj formi (Excel-obrazac).

Prikupljeni podaci o oštećenjima jednog odsječaka registriraju se kumulativno za konkretni odsječak. To znači da se za uočene vrste (grupe) oštećenja (vidi toč. 6. Obrazac opažanja) iskazuje njihov **ukupan opseg**, bez obzira na njihovu lokaciju i raspored unutar promatranog odsječaka. Drugim riječima, stanje kolnika svakog odsječaka je u bazi podataka karakterizirano **zbrojem opsega** uočenih vrsta (grupa) oštećenja (u Obrascu opažanja rubrika "Ukupno").

**Primjer:** ako je prvih 10 m odsječaka u lošem stanju, a preostalih 190 m u besprijeckornom stanju, cijeli odsječak će biti "opterećen" uočenim opsegom oštećenja na prvih 10 m.

Odsječci se pregledavaju u kontinuiranom slijedu. U Obrascu opažanja bilježi se njihova stacionaža.

Početak i kraj odsječaka u pravilu su na "cijelim" 200-metarskim stacionažama (primjer: km 21+000 - 21+200, km 21+200 - 21+400,...). Nakon svakog prijednog ("punog") kilometra, obilježenog kilometarskim stupićem-oznakom na cesti, "resetira" se brojač udaljenosti u vozilu, pri čemu se ukupna razlika izmjerene duljine od 1 km i razmaka kilometarskih oznaka pokazuje i svjesno kompenzira samo u posljednjem (petom) odsječku na potezu od 1 km. Očekivana razlika (čak i od nekoliko metara) zanemaruje se, jer pri ovoj razini (grubog) opažanja nema bitnog utjecaja na ocjenu stvarnog stanja kolnika zadnjeg (petog) odsječaka.

*Napomena: Primjer ispunjenog obrasca, za odsječak od +200 do +400, sadržan je u priloženom Obrascu opažanja.*

### 6.1. Izbor vrsta (grupa) oštećenja za opažanje

Pri izboru vrsta oštećenja koja treba obuhvatiti vizualnim opažanjem (od 21 vrste oštećenja sadržane u Katalogu) treba optimalizirati dva oprečna zahtjeva. Prvi je nastojanje da se registrira što veći broj vrsta oštećenja u cilju dobivanja što vjernije slike stvarnog stanja kolnika, a drugi je minimaliziranje broja vrsta oštećenja kako bi se vizualno opažanje moglo učinkovito provoditi.

Redukcija broja vrste (grupa) opažanja (broj kolona u obrascu) provedena je temeljem prikupljenih iskustava vizualnih opažanja provedenih u drugim zemljama i respektiranjem specifičnosti stanja naše cestovne mreže u tri koraka:

1. eliminacija onih vrsta oštećenja koje se detektiraju mjernim uređajima. To se odnosi na neke vrste oštećenja iz kategorije **1. Oštećenja teksture površine** (1.1. Zaglađena površina, 1.3. Trošenje) i kategorije **3. Deformacije površine** (3.1. Valovanje, 3.3. Kolotraženje);
2. eliminacija vrsta oštećenja koja su manje značajna za ocjenu stanja kolnika, odnosno onih vrsta oštećenja koje se vizualnim pregledom ne mogu efikasno uočavati (3.6. Lokalna uleknuća, 3.8. Izdizanje kolnika uslijed smrzavanja i dr.);
3. sažimanjem nekih srodnih vrsta oštećenja u istu opažačku grupu. U Obrascu opažanja ovo se odnosi na kolone **Oštećenja završnog sloja** i **Mrežaste pukotine**.

Navedenom redukcijom broj opažanja sveden je na četiri (4 kolone u Obrascu opažanja), čime su stvorene realne pretpostavke da se vizualno opažanje iz vozila (u vožnji) može efikasno provoditi.

## 6.2. Sažimanje vrsta oštećenja u istu grupu opažanja

U Obrascu opažanja dvije su kolone u kojima su vrste oštećenja sažete u jednu opažačku grupu:

### Oštećenja završnog sloja

sadrže vrste oštećenja 2.1. *Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja* i 2.2. *Udarne rupe/zakrpe*

### Mrežaste pukotine

sadrže oštećenje 4.1. *Mrežaste pukotine* i **sve druge vrste pukotina, ukoliko se javljaju kao višestruke pukotine na međusobnom razmaku manjem od 0,5 m** (u Katalogu: 4.2. *Uzdužne pukotine*, 4.3. *Poprečne pukotine*, 4.6. *Pukotine uslijed slijeganja* i 4.7. *Pukotine uz rub kolnika*).

U grupu oštećenja **unose se i mrežaste pukotine koje se javljaju na oštećenjima** 4.4. *Pukotine u tragovima kotača* i 5. *Popravci, koja se opažaju zasebno* (vidi Obrazac opažanja).

na međusobnom razmaku manjem od 0,5 m (vidi toč. 6.2.). Iste se u Obrazac oštećenja unose u koloni stupnja oštećenja S2!

### Pukotine u tragovima kotača

Za oštećenje 4.4. *Pukotine u tragovima kotača* **unose se stupnjevi oštećenja S2 i S3**, s obzirom da je uočavanje stupnja oštećenja S1 vizualnim opažanjem iz vozila otežano ili nemoguće.

### Popravci

Za oštećenje 5. *Popravci stupanj oštećenja se ne unosi*, što je u skladu s Katalogom.

## 6.3. Određivanje opsega i stupnja oštećenja

### 6.3.1. Opseg oštećenja

U Obrascu opažanja opseg oštećenja izražava se prema vrstama (grupama) oštećenja u sljedećim jedinicama:

- Oštećenja završnog sloja u [m<sup>2</sup>]
- Mrežaste pukotine u [m<sup>2</sup>]
- Pukotine u tragovima kotača u [m].
- Popravci u [m<sup>2</sup>]

### 6.3.2. Stupanj oštećenja

Stupanj oštećenja se u rubrike Obrasca opažanja unosi kako slijedi:

#### Oštećenja završnog sloja

Za ovu grupu oštećenja **stupanj oštećenja se ne unosi**, što je za oštećenje 2.1. *Odvajanje/otkidanje habajućeg sloja* u skladu s Katalogom. Iako su za oštećenje 2.2. *Udarne rupe/zakrpe* u Katalogu navedeni stupnjevi oštećenja S1, S2 i S3, u Obrazac se unose **sve** udarne rupe i zakrpe, bez obzira na stupanj oštećenja!

#### Mrežaste pukotine

U ovu grupu oštećenja se za oštećenje 4.1. *Mrežaste pukotine* **unose stupnjevi oštećenja S2 i S3**, s obzirom da je uočavanje stupnja oštećenja S1 vizualnim opažanjem iz vozila otežano ili nemoguće.

U ovu grupu oštećenja unose se i **sve druge vrste pukotina ukoliko se javljaju kao višestruke pukotine**

## 7. Upute za opažanje

### Oštećenja završnog sloja

Opaža se i bilježi kvadratura oštećene površine, bez obzira o kojoj vrsti oštećenja se radi (2.1. *Odvajanje/otkidanje završnog sloja* i/ili 2.2. *Udarne rupe/zakrpe*).

Moguće nejasnoće mogu izazvati *zakrpe* (za razliku od rubrike **Popravci**), koje se svrstavaju u ovu grupu ako su nepravilnog oblika, bez obzira kakva su oštećenja na taj način sanirana (brzi popravci u cilju sprečavanja napredovanja oštećenja).

### Mrežaste pukotine

Opažanje ovog oštećenja odnosi se **na sve mrežaste pukotine**, uključivo i one koje se javljaju kao **Pukotine u tragovima kotača** i na površinama u okviru oštećenja **Popravci**, bez obzira što se ova oštećenja opažaju zasebno. U Obrazac opažanja unose se stupnjevi oštećenja S2 i S3.

U ovu grupu oštećenja unose se i **sve druge vrste pukotina** ukoliko se javljaju kao **višestruke pukotine na međusobnom razmaku manjem od 0,5 m**, kao stupanj oštećenja S2.

U Obrazac opažanja unose se i zalivene (sanirane) pukotine.

### Pukotine u tragovima kotača

Kod pojave istovremenog oštećenja u oba traga kotača u Obrazac opažanja unosi se **duljina samo jednog** (duljeg) traga.

Pojava mrežastih pukotina u tragovima kotača, bez obzira na širinu njihovog prostiranja, unosi se **istovremeno** i u rubriku **Mrežaste pukotine** u [m<sup>2</sup>].

U Obrazac opažanja unose se i zalivene (sanirane) pukotine.

### Popravci

Pod ovom vrstom oštećenja podrazumijevaju se sanirane oštećene površine kolnika (bez obzira na vrstu oštećenja) veće od 1,0 m<sup>2</sup>, koje su pravilnog pravokutnog oblika i ravnih rubova, za razliku od *zakrpa* (vidi **Oštećenja završnog sloja**).

U Obrazac opažanja unosi se površina popravka [m<sup>2</sup>]. Pojava mrežastih pukotina na površini popravka unosi se **istovremeno** i u rubriku **Mrežaste pukotine** u [m<sup>2</sup>], ovisno o veličini zahvaćene površine popravka.

## 8. Provedba opažanja

Vozilo za vizualno opažanje oštećenja mora imati sjedalo namijenjeno opažaču, koje je na dovoljnoj visini i uz vjetrobransko staklo (kombi vozilo!). Opažanje iz osobnog automobila nije pouzdano.

Preporučljiva brzina kretanja je 15 – 20 km/sat.

Posebnu pažnju treba posvetiti sigurnosnoj opremi vozila, koje treba biti opskrbljeno odgovarajućim znakovima i trepćućim žutim svjetlima. Preporuča se na stražnji dio vozila montirati signalnu ploču s treptačima (*prema Pravilniku o prometnim znakovima, opremi i signalizaciji na cestama*). Opažanje treba provoditi u suradnji s prometnom policijom i drugim nadležnim organima.

Vozilo mora biti snabdjeveno brojačem udaljenosti, koji ima podjelu u [m].

Opažачki tim se sastoji od vozača i dva opažачa. Vozač pomoću brojača udaljenosti vodi brigu o stacionaži i “resetiranju” brojača prema kilometarskim oznakama. Prvi opažач prati stanje kolnika, glasno utvrđuje opseg i stupanj oštećenja, a drugi opažач bilježi podatke, ručnim unošenjem u Obrazac opažanja na listu papira formata A-4 ili upisivanjem pomoću odgovarajućeg računala u Obrazac opažanja u formi Excel-tablice.



# Obrazac za vizualno opažanje oštećenja

Državna cesta (broj) \_\_\_\_\_ Datum \_\_\_\_\_

Dionica (broj) \_\_\_\_\_ Opažački tim \_\_\_\_\_

Tip poprečnog presjeka \_\_\_\_\_

Stacionaža km	Oštećenja završ. sloja	Mrežaste pukotine		Pukotine u tragovima kotača		Popravci
	opseg [m <sup>2</sup> ]	opseg [m <sup>2</sup> ]/stupanj S2, S3		opseg [m]/stupanj S2, S3		opseg [m <sup>2</sup> ]
___+000		S2	S3	S2	S3	
od +000						
do +200						
<b>Ukupno:</b>	0	0	0	0	0	0
od +200	5	5	5		15	5
	15		10			15
	2					5
do +400						
<b>Ukupno:</b>	22	5	15	0	15	25
od +400						
do +600						
<b>Ukupno:</b>	0	0	0	0	0	0
od +600						
do +800						
<b>Ukupno:</b>	0	0	0	0	0	0
od +800						
do +000						
<b>Ukupno:</b>	0	0	0	0	0	0

Opaske \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_